

ONGERUBRICEERD

TNO-rapport

96-CMC-R1442

SCHOKREDUCTIE DOOR MIDDEL VAN ZWEVENDE VLOEREN;  
TRILVORMEN.

TNO Bouw

Lange Kleiweg 5, Rijswijk  
Postbus 49  
2600 AA Delft

Datum

7 november 1996

Telefoon 015 284 20 00  
Fax 015 284 39 90  
Telex 38270

Auteur(s)

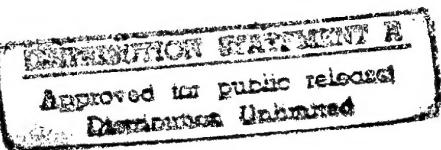
ir. J.M.J. Oostvogels

JM]

Opdrachtgever:  
Ministerie van Defensie  
Directie Materieel Koninklijke Marine  
Afdeling Scheepsbouw.  
t.a.v. ir. J.A.A. Vaders  
Postbus 20702  
2500 ES DEN HAAG

Rubricering  
Vastgesteld door: ir. J.A.A. Vaders  
Vastgesteld d.d.: 7 november 1996

Titel : ONGERUBRICEERD  
Managementuittreksel : ONGERUBRICEERD  
Rapporttekst : ONGERUBRICEERD  
Bijlagen : ONGERUBRICEERD



Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Projectnr. : 62376438 - A95/KM/131  
Goedgekeurd : ir. R. Regoord  
Gezien : ir. G.T.M. Janssen  
Pagina's : 58 (inclusief bijlagen,  
excl. RDP & distributielijst)  
Bijlagen : A en B.

19970303 042

© TNO

DTIC QUALITY INSPECTED

ONGERUBRICEERD

TNO Bouw verricht onderzoek en geeft advies over bouwvraagstukken, voornamelijk in opdracht van onder meer de overheid, grote en kleine ondernemingen in de bouw, toeleveringsbedrijven en branche-instellingen.



Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

Managementuittreksel.

**Titel** : SCHOKREDUCTIE DOOR MIDDEL VAN ZWEVENDE VLOEREN; TRILVORMEN.  
**Auteur** : ir. J.M.J. Oostvogels  
**Datum** : 7 november 1996  
**Opdr. nr** : 62376438 - A95/KM/131  
**IWP nr.** : 792  
**Rapportnr.** : 96-CMC-R1442

Aan schokreductiemaatregelen, met name het verend opstellen van apparatuur, wordt vanzelfsprekend al sinds lange tijd veel aandacht en onderzoek besteed. Vooral de laatste jaren is het belang van schokreductie nog verder toegenomen. Dat gebeurde onder invloed van krimpende defensiebudgetten en de daarmee gepaard gaande wens en verwachting om bij nieuwbouw tot kostenbesparing te geraken. Dat laatste wordt mogelijk door ondermeer specifieke schokeisen aan apparatuur naar toeleveranciers waar mogelijk te laten vervallen. Onder deze omstandigheden is het van belang dat verende opstellingen een zo groot mogelijke schokreductie bieden, zodat het stellen van schokeisen aan apparatuur dan inderdaad zonder al te groot risico achterwege kan blijven. Omdat, meer nog dan vroeger, zeer grote slap verend opgestelde vloeren zullen worden toegepast, verdienen deze extra aandacht.

Eerder uitgevoerde schokresponsieberekeningen, Ref [1], [2] en [3], hadden betrekking op representatieve dek - vloer combinaties zoals mogelijk aanwezig in de commandocentrale van het LCF. Uit de besprekings van de resultaten van de laatst uitgevoerde responsieberekening, Ref [3], waarbij sprake was van een vrij slappe vloer opgebouwd uit stalen UNP 80\*50\*5 profielen, kwam met name de behoefte naar voren om expliciet de trilvormen en hun frequenties te kennen. Deze waren tot dusverre niet afzonderlijk berekend, maar waren wel min of meer herkenbaar in de resultaten van de responsieberekening. Omdat kennis omrent deze trilvormen aanzienlijk bij kan dragen tot inzicht in de schokresponsie zijn deze nu alsnog afzonderlijk berekend. De eigenwaardeberekeningen zijn daarna nog herhaald voor enkele variaties in het model: stijver middenveld van het dek en gelijkmatige verdeling van de schokveren. Tevens zijn de trilvormen en frequenties bepaald van de verende vloer op een oneindig stijf dek en van alleen het dek in afwezigheid van de vloer.

SAMENVATTING.

Aan schokreductiemaatregelen, met name het verend opstellen van apparatuur, wordt vanzelfsprekend al sinds lange tijd veel aandacht en onderzoek besteed. Vooral de laatste jaren is het belang van schokreductie nog verder toegenomen. Dat gebeurde onder invloed van krimpende defensiebudgetten en de daarmee gepaard gaande wens en verwachting om bij nieuwbouw tot kostenbesparing te geraken. Dat laatste wordt mogelijk door ondermeer specifieke schokeisen aan apparatuur naar toeleveranciers waar mogelijk te laten vervallen. Onder deze omstandigheden is het van belang dat verende opstellingen een zo groot mogelijke schokreductie bieden, zodat het stellen van schokeisen aan apparatuur dan inderdaad zonder al te groot risico achterwege kan blijven. Omdat, meer nog dan vroeger, zeer grote slap verend opgestelde vloeren zullen worden toegepast, verdienen deze extra aandacht.

Eerder uitgevoerde schokresponsieberekeningen, Ref [1], [2] en [3], hadden betrekking op representatieve dek - vloer combinaties zoals mogelijk aanwezig in de commandocentrale van het LCF. Uit de besprekings van de resultaten van de laatst uitgevoerde responsieberekening, Ref [3], waarbij sprake was van een vrij slappe vloer opgebouwd uit stalen UNP 80\*50\*5 profielen, kwam met name de behoefte naar voren om expliciet de trilvormen en hun frequenties te kennen. Deze waren tot dusverre niet afzonderlijk berekend, maar waren wel min of meer herkenbaar in de resultaten van de responsieberekening. Omdat kennis omtrent deze trilvormen aanzienlijk bij kan dragen tot inzicht in de schokresponsie zijn deze nu alsnog afzonderlijk berekend. De eigenwaardeberekeningen zijn daarna nog herhaald voor enkele variaties in het model: stijver middenveld van het dek en gelijkmatige verdeling van de schokveren. Tevens zijn de trilvormen en frequenties bepaald van de verende vloer op een oneindig stijf dek en van alleen het dek in afwezigheid van de vloer.

INHOUDSOPGAVE.

<u>Managementuittreksel</u>	2
SAMENVATTING.	3
INHOUDSOPGAVE.	4
1. INLEIDING.	5
2. SCHOKSPECTRA BEHOREND BIJ SOM 7 (BIJLAGE A).	7
3. UITGEVOERDE ANALYSES.	8
3.8 SOM 8 TOT EN MET 13.	8
3.8.1 LOCATIE.	8
3.8.2 GEOMETRIE VAN DEK, VLOER EN VEREN.	8
3.8.3 DE RANDVOORWAARDEN.	8
3.8.4 DE BEREKENINGEN.	8
3.8.5 RESULTATEN EIGENWAARDEBEREKENINGEN.	9
3.8.5.1 Som 8.	9
3.8.5.2 Som 9.	10
3.8.5.3 Som 10.	11
3.8.5.4 Som 11.	11
3.8.5.5 Som 12.	11
3.8.5.6 Som 13.	12
4. CONCLUSIES.	13
REFERENTIES.	14
TABELLEN EN FIGUREN.	15
BIJLAGE A, Spectrale data van Som 7.	A.1
BIJLAGE B, Invoerdata van Som 8.	B.1

## 1. INLEIDING.

In 1995 werd het meerjarenproject "Schokreductiemaatregelen" gestart. In het kader van dat project, dat niet uitsluitend gericht is op het Lucht Commando Fregat (LCF), wordt aandacht besteed aan de schokresponsie van grote zwevende vloeren. Om aan te sluiten bij reële afmetingen en constructies werd op verzoek van de KM, Afdeling Scheepsbouw, gerekend aan een representatieve doorsnede van een dek van het LCF ter plaatse van de commandocentrale. Daarvan zijn twee interimrapporten verschenen, zie Ref [1] en [2]. Die hebben betrekking op een 2D dwarsscheeps rekenmodel met een dekbreedte van 16.8 m en een vloerbreedte van 13.2 m. De vloer is opgebouwd uit aluminium pallet-delen. Het dek is aan stuurboord en bakboord ondersteund door de huid en meer naar het midden toe door de twee langsschotten. De mate van detaillering in het eindige elementen model is bescheiden, met in totaal 52 balkelementen en 21 veerelementen.

Diverse uitgangspunten werden onderzocht en vervolgens gerapporteerd als Som 3, Som 4, enzovoorts.

De laatst uitgevoerde berekening was "Som 7", zie Ref [3], die verricht werd in het kader van het project "Schokaspecten LCF" (A95/KM/109). Daarin werd het gedrag van een slappere stalen vloer onderzocht. De vloer is opgebouwd uit koudgewalste stalen UNP 80\*50\*5 profielen en rust door middel van de kabelgewonden veren van het merk Sebert, type K19 100-02 (met dezelfde specificaties als van de Socitec Y1642-02), op het dek. Het desbetreffende rapport, Ref [3], biedt dynamische gegevens in het tijddomein, met name de responsies van verschillende punten op een excitatiepuls. Door de tijdsdruk kon in dat rapport geen spectrale informatie worden opgenomen. Deze is nu als BIJLAGE A aan dit rapport toegevoegd.

Bij de uitvoering van Som 7 ontstond behoefte aan een goede geometrische voorstelling van de eigenmodes. Het is de opzet geweest van Som 8, opgeleverd in dit rapport, om in die behoefte te voorzien. Daartoe werd met het DIANA pakket een berekening opgezet volgens dezelfde uitgangspunten als in Som 7. Die uitgangspunten worden bondig samengevat in BIJLAGE B van dit rapport. Zij hebben betrekking op de verdeling van massa's en stijfheden over het dek en de vloer alsmede de invloed van de geprojecteerde kabinetten die op de vloer rusten.

Er zij op gewezen dat de modellering van Som 8, ook voor wat betreft de randcondities, volledig en zorgvuldig in overeenstemming is gebracht met Som 7. Daardoor heeft de spectrale informatie van Som 7 (BIJLAGE A) ook betekenis voor Som 8.

De aanpak van Som 8 is dat de vloer en het dek worden geïntegreerd in één enkel model. Daarbij is gebruik gemaakt van balkelementen (L6BEN), veerelementen (SP2TR) en puntmassa's (PT3T).

Het enige verschil met Som 7 is dat de veren waarop de vloer rust lineair werden verondersteld. Iedere individuele veer is ongedempt en heeft de stijfheid  $C = 4.47 \cdot 10^4 \text{ N/m}$  toegemeten gekregen; dat is de stijfheid van de Sebert-veer bij indrukking nul.

De resultaten van Som 8, de eerste twintig eigenmodes in het frequentiebereik van 4 tot 90 Hz, werden besproken met de opdrachtgever. Daarbij kwam de wenselijkheid naar voren het inzicht in de interactie tussen vloer en dek nog verder te vergroten door deze eigenwaardeberekeningen te herhalen (sommen 9 tot en met 13) voor gewijzigde condities.

Samengevat betreffen de hier gerapporteerde "sommen" het volgende:

- Som 8: Uitgangspunt, gelijk aan som 7 (Ref [3]), maar veren lineair verondersteld.
- Som 9: Als som 8, maar het dek is oneindig stijf.
- Som 10: Het dek uit som 8, zonder vloer.
- Som 11: Als som 8, maar met een wat stijver dek tussen de langsschotten; als voorbereiding op een later geplande schokresponsieberekening (Som 14).
- Som 12: Als som 8, maar de veren hebben nu dezelfde ruimtelijke verdeling als de vloermassa.
- Som 13: Als som 12, maar het dek is oneindig stijf.

Deze sommen werden uitgevoerd in het kader van het project "Schokreductiemaatregelen".

De sommen 1 tot en met 4 werden gerapporteerd in Ref [1], de sommen 5 en 6 in Ref [2] en som 7 in Ref [3].

## 2. SCHOKSPECTRA BEHOREND BIJ SOM 7 (BIJLAGE A).

Alvorens in te gaan op de nieuwe berekening van eigenmodes in Som 8 zullen wij de schokspectra behorend bij Som 7 kort de revue laten passeren.

Door de tijdsdruk kon in Ref [3] geen spectrale informatie worden opgenomen. Deze is nu als Bijlage A aan dit rapport toegevoegd. Dit bevat het volgende:

Pag. A1.

Een geometrisch schema met nummering van knooppunten volgens Som 7 (Ref [3]). Even nummers in het dek, oneven nummers in de vloer.

Pag. A2.

Een beschrijving van de input puls van Som 7 in het tijddomein.

Pag. A3.

Een schokresponsiespectrum van de input puls van Som 7.  
Deze werd opgedrongen aan de knooppunten 1, 14, 38 en 52.

Pag. A4, A5 en A6.

Schokspectra van het dek op de knooppunten 6, 26 en 46.

Pag. A7 tot en met A17.

Schokspectra van de vloer op de knooppunten:  
5, 7, 11, 15, 17, onder kabinet 1;  
21, 27, 33, onder kabinet 2;  
39, 43 en 47, onder het gelede kabinet 3.

Pieken in de spectra van de dekknooppunten liggen blijkbaar bij 15, 33, 81, 100, 175 en 205 Hz.

De spectra die bij de vloer horen tonen vanaf de opstellingsfrequentie, de rigid body motion van ongeveer 4 Hz, een overwegend dalende snelheidssamplitude bij toenemende frequentie. Blijkbaar functioneert de schokafscherming goed. Vanzelfsprekend zijn de pieken van de hierboven opgesomde frequenties in de vloerspectra terug te vinden, maar zij liggen overal lager dan het niveau bij 4 Hz.

Er zijn twee uitzonderingen: in Som 7 komen de amplitudes van knooppunt 5 en knooppunt 17 bij 33 Hz uit boven de 4 Hz amplitude, ondanks de verzwakking door het mechanisch filter van Sebert-veren.

In de discussie met de opdrachtgever werd de vraag opgeworpen of de plaatselijke afwijking in de massa-stijfheid verhouding van het model daar mee te maken kan hebben. Immers: aan de rand van kabinet 1 wordt een afnemende massabijdrage in rekening gebracht terwijl de vier veren die de rand van het kabinet ondersteunen zijn opgeteld. Dit werd de aanleiding om Som 12 te definiëren, waarin globaal en lokaal de massa's en veerstijfheden dezelfde constante onderlinge verhouding hebben; de veerstijfheden zijn dan geen hele veelvouden meer van die van de Sebert-veren.

De brede piek bij 33 Hz is, in Ref [3] pag. 13, wel verklaard als een combinatie van twee eigenfrequenties. Deze gedachte is vooral beargumenteerd op grond van een zweving in de responsie in knooppunt 5 van Som 7, gerapporteerd in Fig A.7.6 van Ref [3].

Op een vergelijking van de piekhoogten op verschillende locaties van de vloer kunnen vermoedens worden gebaseerd omtrent de ruimtelijke amplitudeverdeling bij een bepaalde eigenfrequentie: de trilvorm. Verderop zal worden nagegaan of deze feiten uit Som 7 goed corresponderen met de uitvoer van Som 8.

Alle schokspectra zijn bij som 7 berekend met MATLAB. Het zijn initiële schokspectra, demping 1%, waarbij de berekende responsesignalen elke ms werden ingelezen over een tijdsduur van 500 ms. Als maximax schokspectra zouden zijn bepaald, zouden die alleen in het laagfrequente gebied bij ongeveer 5 Hz iets hogere waarden te zien hebben gegeven.

3. **UITGEVOERDE ANALYSES.**  
(deelhoofdstukken 3.1 tot en met 3.7 opzettelijk blank gelaten)

3.8 **SOM 8 TOT EN MET 13.**

3.8.1 LOCATIE.

Het beschouwde model is gesitueerd op het F-dek van het LCF ter plaatse van de commandocentrale. Daarvan een dwarscheepse doorsnede over de volle breedte van het schip, ongeveer halverwege het compartiment. De langsscheepse lengte van het model bedraagt 1,8 m.

Aan de twee uiteinden van het dek is een verticale strook huidplaat mee gemodelleerd, welke op het niveau van het G-dek horizontaal is afgesteund.

3.8.2 GEOMETRIE VAN DEK, VLOER EN VEREN.

De uitgangspunten van Som 8 worden bondig maar volledig samengevat in Bijlage B van dit rapport. Zij hebben betrekking op de verdeling van massa's en stijfheden over het dek en de vloer alsmede de invloed van de geprojecteerde kabinetten die op de vloer rusten.

Er zij op gewezen dat de modellering van Som 8, ook voor wat betreft de randcondities, volledig en zorgvuldig in overeenstemming is gebracht met Som 7. Een woordelijke toelichting in extenso kan dan ook worden gevonden in Ref [3].

De samenvatting in Bijlage B biedt de volgende informatie:

Pag. B1.

Een geschematiseerde geometrie met knooppunten, elementen, veren, steunpunten. Assenkruis. Data van de scheepshuid. Positie van de kabinetten.

Pag. B2.

Herhaling van het schema uitgebreid met breedtematen (x-richting). Bovenaanzicht van de verenconfiguratie. Veerdata.

Pag. B3.

Gedeeltelijk bovenaanzicht uit pag. B2, gecombineerd met langsscheepse doorsnede van de vloer en het dek. Afmetingen.

Pag. B4.

De homogene verdeling van de dekmassa in x-richting.

De discontinue verdeling van de stijfheid van het dekmodel in x-richting.

Pag. B5.

De massaverdeling en de stijfheidsverdeling van de vloer in x-richting, plaatselijk beïnvloed door de kabinetten.

3.8.3 DE RANDVOORWAARDEN.

Alle knooppunten van het model kunnen uitsluitend verticale translaties uitvoeren, evenals rotaties om de Y-as.

Echter de vier knooppunten van het dek die contact maken met de ondersteunende scheepshuid of de langsschotten zijn verticaal gefixeerd.

De drie meter lange verticale stroken scheepshuid bieden aan weerskanten een rotatiestijfheid aan het dek aan. In de opgeleverde grafische uitvoer is echter het naar buiten of naar binnen bollen van de huid niet zichtbaar, omdat de strook scheepshuid (3 bij 1.8 meter;  $I = 6.E-5 \text{ m}^4$ ) als één element is gemodelleerd.

3.8.4 DE BEREKENINGEN.

In Som 8 zijn de vloer en het dek geïntegreerd in één DIANA-model. Daarbij is gebruik gemaakt van 52 balkelementen (L6BEN), 21 veerelementen (SP2TR) en 52 puntmassa's (PT3T). Ten behoeve van Som 12 en 13 werden later nog twee veerelementen (SP2TR) aan het model toegevoegd, namelijk op de lege

veerposities tussen de kabinetten.

Dankzij het gebruik van puntmassa's werd het mogelijk de stijfheid en de massa van balkelementen onafhankelijk van elkaar te kiezen. De balkelementen konden daardoor gewichtloos worden gedefinieerd. Bijgevolg is ook hun rotatietraagheid nul; net als in Som 7.

Het verschil met Som 7 is dat de veren waarop de vloer rust lineair werden verondersteld.

De eerste twintig eigenmodes werden opgevraagd. De uitvoer van DIANA bestond uit de eigenfrequenties en een grafische weergave van de trilvorm alsmede een animatie daarvan op het beeldscherm.

Naar aanleiding van de uitvoer van Som 8 werden nieuwe sommen gedefinieerd en uitgevoerd. Samengevat betreft dit hier gerapporteerde "sommen" het volgende:

- Som 8: Uitgangspunt, gelijk aan som 7 (Ref [3]), maar veren lineair verondersteld.  
Som 9: Als som 8, maar het dek is oneindig stijf.  
Som 10: Het dek uit som 8, zonder vloer.  
Som 11: Als som 8, maar het dek tussen de schotten 32,4% verstijfd; dit is een voorbereiding op som 14.  
Som 12: Als som 8, maar de veren hebben nu dezelfde ruimtelijke verdeling als de vloermassa.  
Som 13: Als som 12, maar het dek is oneindig stijf.

### 3.8.5 RESULTATEN EIGENWAARDEBEREKENINGEN.

Het bleek dat de eerste twintig modes van Som 8 een frequentiegebied van 4 tot 90 Hz omvatten.

In de gevonden twintig modes kunnen 15 gevallen worden onderscheiden waarin hoofdzakelijk de vloer trilt en 5 gevallen waarin overwegend het dek vervormt. Bij de behandeling van de resultaten van dit onderzoek zijn de eigenmodes van Som 8 in overeenstemming met hun toenemende frequentie genummerd van 1 tot en met 20. Deze modes kunnen geometrisch worden ontleed aan de hand van het aantal buigknopen in de vloer of in het dek. Dezelfde mode, met evenveel knopen maar uitgerekend in een latere som, wordt in dit rapport steeds aangeduid met hetzelfde mode-nummer (als bij Som 8) omdat eenzelfde buigconfiguratie van toepassing is. Daardoor hoeft de nummering van die modes niet noodzakelijk overeen te komen met hun rang op de frequentieschaal.

Geen enkele mode is precies symmetrisch of precies keersymmetrisch. Maar vooral bij die trilvormen waarbij het dek trilt ligt het daar wel heel dicht tegenaan. De afwijkingen van de (keer)symmetrie zijn het gevolg van de enige asymmetrie in het model: kabinet 3 is geleed en draagt niet bij aan het traagheidsmoment van de vloer; ook de configuratie van de veren wijkt daar af.

#### 3.8.5.1 Som 8.

De resultaten van Som 8 zijn samengevat in de desbetreffende kolom van tabel 1. De bijbehorende trilvormen worden gevonden in de figuren 1 tot en met 20. De tabel is opgezet na bestudering van de trilvormen en vat deze eigenlijk samen: uit Som 8 volgen 5 trilvormen van het dek en 13 buigmodes van de vloer, alsmede twee trilvormen in hoofdzaak samenhangend met de verende opstelling (translatie 3,96 Hz, rotatie 4,12 Hz).

Het Dek.

De laagste trilvorm van het dek wordt als het ware gekenmerkt door vier buigknopen, die samenvallen met de vier onbeweeglijke oplegpunten. Voor hogere modes komt er telkens een buigknoop bij. Vergelijking van de knoopaantallen met de figuren leert dat de trilvormen van het dek met een even aantal buigknopen een vrijwel symmetrische vorm hebben. Dat zijn de modes 7, 12 en 17 met de frequenties van ongeveer 15, 33 en 81 Hz. Dat zijn de frequenties,

in het door ons onderzochte gebied tot 90 Hz, die ook in de vorige paragraaf werden opgesomd bij de bespreking van de spectrale uitvoer van Som 7. De dek-modes met een oneven aantal buigknopen zijn vrijwel keersymmetrisch en daardoor ongevoelig voor een gelijktijdige translatie-input op de vier oplegpunten. In de spectra van Bijlage A wordt daar dan ook niets van teruggevonden.

In Ref [3], pag. 12 Commentaar, wordt opgemerkt dat in de buitenste dekgedeelten, tussen de huid en een schot, een eigenfrequentie van 33 Hz domineert, terwijl daarvan minder amplitude gevonden wordt tussen de schotten (Ref [3], pag. 13, Commentaar). De spectra vindt men achter dit rapport op pag. A4, A5 en A6. De waarnemingen sluiten goed aan bij de in Som 8 gevonden trilvorm, zie Fig 12, mode 12 bij 32,7 Hz.

Het is duidelijk dat mode 12 gevoelig moet zijn voor een kick-off stoot vanuit de vier steunpunten: deze gaan omhoog terwijl de drie dekdelen achterblijven, dus naijlen. De in Som 7 gevonden krachtige spectrale piek van 33 Hz wordt daarmee plausibel. Voorts blijkt er inderdaad een nabije eigenfrequentie te bestaan; dat is een vloertrilling, mode 11 bij 31,7 Hz, zie Fig 11.

In Ref [3] pag. 12 Commentaar, wordt nog opgemerkt dat uit de berekende bewegingen blijkt dat tussen de langsschotten het dek vooral bij 15 Hz wordt aangestoten. Dit blijkt goed overeen te komen met de vorm van de gevonden mode 7 bij 14,9 Hz; zie Fig 7. Inderdaad is de uitwijking van het dek tussen de schotten groter dan daarbuiten.

De berekende mode 19 bij 80,8 Hz, zie Fig 19, laat zien dat het midden van het middelste dekveld veel grotere trillingsamplituden bezit dan de middens van de twee zijvelden. Dat is in overeenstemming met de hoge piek in het schokspelpectrum voor knooppunt 26 en de lagere pieken voor de knooppunten 6 en 46.

#### De vloer.

Van de vloer werd een hele serie eigenmodes gevonden. Een toenemend aantal buigknopen correspondeert ook hier met een toenemende eigenfrequentie. Vanzelfsprekend wordt bij de hogere frequenties de geometrische golflengte te kort voor de gekozen grove resolutie van 0,6 m per element. Daardoor oogt bijvoorbeeld mode 20 erg brokkelig; zie Fig 20.

Het zal duidelijk zijn dat de hogere trilvormen van de vloer, zowel in vorm als in frequentie niet goed samen gaan met de eigenmodes van het dek. Dat verklaart het voorkomen van afzonderlijke dek- en vloermodes. Alleen bij de eerste mode is die aanpassing beter; daar is te zien dat de vloer niet een echte "rigid body motion" ondergaat, maar ook vervormt; zie Fig 1.

In Fig 12 is goed te zien hoe de rand van de vloer onder het eerste kabinet flink uitwijkt. Dit is in de vorige paragraaf (2.8.5 Spectrale uitvoer Som 7) ter sprake geweest. Verderop zal blijken dat het effect bij een gelijkmataige massa-veer verdeling volgens Som 12 sterk is verminderd; zie Fig 41. Het lijkt dus van belang dat de verdeling van de veren goed correspondeert met de verdeling van de vloerbelasting.

#### 3.8.5.2 Som 9.

Uit Som 8 blijkt onder meer de relatieve vloer-dek beweging bij 3.96 Hz; zie Fig 1. De frequentie van deze mode is enigszins lager dan de in Ref [3], pag. 11, uitgerekende opstellingsfrequentie van 4,1 Hz.

Een blik op Fig 1 leert dat het dek tussen de schotten wijkt onder de druk van de veren. Daardoor wordt de effectieve veerstijfheid onder de vloer natuurlijk lager, evenals de eigenfrequentie van mode 1.

Om het gedrag van de vloer zonder interactie met het dek te kunnen beoordelen werd Som 9 uitgevoerd. Som 9 is hetzelfde als Som 8, maar de traagheidsmomenten van de dekelementen zijn in de DIANA-invoer van  $0.000065 \text{ m}^4$  op  $10 \text{ m}^4$  gebracht. Het dek is dan ongeveer 154000 maal zo stijf.

De resultaten van Som 9 kunnen snel worden beoordeeld aan de hand van tabel 1. De tabel bevat nu open plaatsen waar de dekmodes hebben gestaan. Alleen de

eerste drie modes van Som 9 zijn als figuren in dit rapport opgenomen. In tabel 1 zijn deze modes met een asterisk aangemerkt. In tabel 2 is de verwijzing naar het juiste figuurnummer geadministreerd.

Zoals kon worden verwacht is de opstellingsfrequentie van mode 1 met 4.09 Hz nu een stuk dichter bij de eerder genoemde waarde. Toch valt die nog niet samen met de theoretische waarde (die uitkomt op 4,11374 Hz en kan worden afgeleid uit  $C_{\text{totaal}} = 2,4138 \cdot 10^6 \text{ N/m}$  en  $M_{\text{vloer totaal}} = 3613 \text{ kg}$ ). Blijkbaar speelt de vervorming van de vloer ook een rol, wellicht ingeleid door de niet ideale verdeling van de veren.

Ook de andere eigenfrequenties zijn iets gestegen ten opzichte van Som 8. Dit effect lijkt af te nemen bij de hogere modes, boven 15 Hz.

#### 3.8.5.3 Som 10.

Om de onafhankelijke bewegingen van het dek te leren kennen werd Som 10 op touw gezet. Uit de modelbeschrijving van Som 8 werden de vloerelementen en de veerelementen verwijderd. De stijfheid van het dek was als in Som 8.

De resultaten zijn in tabel 1 gerubriceerd en alle modes worden verduidelijkt in een figuur. Dat zijn er overigens maar vijf: Fig 24 tot en met Fig 28.

De gevonden buigvormen lijken sterk op de eerder bij Som 8 gevonden vormen. Wel zijn de eigenfrequenties wat lager. In Som 8 ontleende het dek enige stijfheid aan de vloer. In Som 10 is de resterende stijfheid dus wat lager en dat verklaart de verlaging van de eigenfrequentie. Overigens blijkt ook in dit geval dat de wederzijdse invloed tussen het dek en de vloer afneemt bij toenemende frequentie.

#### 3.8.5.4 Som 11.

Som 11 werd opgezet met het oogmerk om materiaal te leveren voor de uitvoering van Som 14. Deze laatste nog uit te voeren schokresponsberekening valt buiten het bestek van dit rapport.

Onderwerp van studie is hier de opslingeringsperiode bij 15 Hz; het gaat om mode 7 en de eventuele interactie met mode 8.

In Som 11 is ten opzichte van Som 8 het middendeel van het dek, tussen de schotten, iets verstijfd totdat na enkele iteraties de eigenfrequentie van mode 7 in de gewenste mate was verschoven in de richting van mode 8, namelijk van 14,9 naar 16,0 Hz. De benodigde stijfheidsverhoging bedroeg 32,4 procent ten opzichte van Som 8 (zowel in traagheidsmoment als in afschuifoppervlak). De resultaten worden weer gepresenteerd in tabel 1 en in de figuren 29 tot en met 35.

Uit de tabel wordt duidelijk dat de dek-modes een duidelijk hogere eigenfrequentie krijgen, terwijl de vloer-modes niet reageren, afgezien van enige verhoging van (alweer) de lagere eigenfrequenties.

#### 3.8.5.5 Som 12.

Bij de verslaggeving van Som 7, Ref [3] pag. 13, is reeds opgemerkt dat de 33 Hz opslingeringsperiode juist aan de randen van kabinet 1 (knooppunt 5 en 17) misschien moet worden toegeschreven aan een ongunstig ontwerp van de verende opstelling: een viertal veren ondersteunt ter plaatse een minder dan gemiddeld massa-aandeel.

Daarom werd Som 12 uitgevoerd, waarin globaal en lokaal de massa's en veren dezelfde constante onderlinge verhouding hebben; de veerstijfheden zijn dan geen hele veelvouden meer van die van de Sebert-veren.

De resultaten staan weer in tabel 1. Een zestal eigenmodes is grafisch in dit rapport opgenomen; zie Fig 36 tot en met 41.

Uit een vergelijking van Fig 41 met Fig 12 blijkt dat de amplituden bij 33 Hz aan de randen van kabinet 1 sterk zijn verminderd. De vloer blijft vrijwel vlak.

De tweede mode bij 4.06 Hz, zie Fig 37, bestaat ook uit een vrijwel vlakke roterende vloer. De buiging van de vloer, die gevonden werd in mode 2 van alle tot nu toe gemaakte sommen, is in Som 12 uit mode 2 verdwenen. Deze is

verhuisd naar mode 1, zie Fig 36, welke niet bestaat uit een "rigid body motion", maar vooral uit een 2-knoops buiging. In dit geval schiet de schematisering van tabel 1 te kort: Som 12 levert geen mode op met nul buigknopen in de vloer.

Mode 3 bestaat ook (net als mode 1) uit een 2-knoops buiging, maar wel anders, zie Fig 38.

### 3.8.5.6 Som 13.

Om inzicht te verkrijgen in de bewegingsmodes van de vloer alleen werd het dek vrijwel oneindig stijf gedefinieerd, net als in het geval van Som 9.

De vloer-modes van Som 12 zijn in Som 13 ontstaan van interactie met het dek.

De resultaten zijn opgesomd in tabel 1. Net als bij Som 9 vallen er gaten in de tabel op de plaatsen waar buigmodes van het dek gewoonlijk staan genoteerd.

De eerste vier modi zijn weergegeven in Fig 42 tot en met 45.

Het valt op dat mode 1 en 2 nu een volledig onvervormde beweging van de vloer opleveren bij de theoretische bepaalde opstellingsfrequentie van 4,114 Hz. De reeks afgeveerde vloerelementen kan worden opgevat als een array van afzonderlijke massa-veer systemen met dezelfde eigenfrequentie en fase. Mode 1 en 2 verschillen alleen van elkaar in de verdeling van de verplaatsingsamplitude. Die verdeling is zodanig dat de vloer vlak blijft: mode 1 translatie, mode 2 rotatie.

De hogere modes leveren weer de bekende buigvormen op van de vloer. Vergelijking daarvan met die van Som 9 (ook met een verstijfd dek) leert dat de eigenfrequenties van vergelijkbare modes door de afgewogen verdeling van veerstijfheden iets omlaag gegaan zijn. De invloed van dat effect is bij de lagere frequenties het duidelijkst.

#### 4. CONCLUSIES.

De nu in Som 8 berekende trilvormen en bijbehorende eigenfrequenties van de dek-vloer combinatie (met stalen UNP profielen) zoals die eerder op schok werd doorgerekend in Som 7, zijn volledig in overeenstemming met datgene wat in het betreffende rapport [3] met betrekking tot het mogelijke optreden van bepaalde trilvormen werd verondersteld.

Beneden de 90 Hz blijkt sprake te zijn van een 20-tal trilvormen. De twee laagste (3.96 Hz en 4.12 Hz) hebben vooral betrekking op de verende opstelling. Deze laagfrequente verende opstelling zorgt er voor dat bij de overige 18 trilvormen er slechts een zwakke koppeling is tussen de vloer enerzijds en het dek anderzijds. Met andere woorden, de 18 overige trilvormen hebben ofwel betrekking op overwegend een trilling van het dek, waarbij de vloer vrijwel stilstaat (5 trilvormen), ofwel op overwegend een trilling van de vloer waarbij het dek vrijwel stilstaat (13 trilvormen).

Als de vloer weggeleggen wordt (Som 10) veranderen de dektrilvormen slechts in zeer geringe mate. De laagste zakt 7 % in eigenfrequentie en de hoogste slechts 0.1 %. Dezelfde vloer, maar dan op een oneindig stijf dek (Som 9) toont eigenfrequenties die slechts een fractie hoger liggen. De laagste stijgt 4 % in eigenfrequentie en de hoogste stijgt minder dan 0.1 %.

Van de 5 "dek-trilvormen" worden er 2, vanwege hun keersymmetrie, niet aangeslagen. De 3 resterende trilvormen met frequenties van 14.9 Hz, 32.7 Hz en 80.8 Hz kunnen wel aangeslagen worden. Zeker de dektrilvorm met de eigenfrequentie van 32.7 Hz is gevoelig voor aanstoting. Vlak hierbij ligt een trilvorm van de vloer met een frequentie van 31.7 Hz. Die twee trilvormen beïnvloeden elkaar in sterke mate. Opslingerering van de responsie van de vloer ter plaatse van het kabinet 1, zoals geconstateerd in Som 7, is daarmee dan ook verklaarbaar.

Het is natuurlijk maar zeer de vraag of in de praktijk het vrijwel samenvallen van dekfrequenties en vloerfrequenties vermeden kan worden. Een soortgelijke opslingerering van de responsie, maar nu vooral t.p.v. kabinet 2 zou men kunnen verwachten na een toename van de stijfheid van b.v. 32 % van het middelste dekveld (Som 11) waardoor de eerder genoemde dekfrequentie van 14.9 Hz stijgt tot 16.0 Hz en dan vlak bij de vloerfrequentie van 16.5 Hz komt te liggen. Een komende schokresponsie berekening (Som 14) zal hier uitsluitsel over geven.

Als de verdeling van de schokveren precies aangepast wordt aan de verdeling van de massa van de vloer en de daarop gemonteerde kabinetten (Som 12) blijft de vloer bij een aantal belangrijke trilvormen vlakker. De verwachting bestaat dat dit gunstig doorwerkt in de schokresponsie van de vloer.

REFERENTIES.

Ref [1] Regoord, ir. R.

Schokreductie door middel van zwevende vloeren.  
TNO-rapport 95-CMC-R1243, november 1995.

Ref [2] Regoord, ir. R.

Schokreductie door middel van zwevende vloeren. Veertype N2C k1.4  
TNO-rapport 96-CMC-R0264, maart 1996.

Ref [3] Regoord, ir. R.

Schokreductie door middel van zwevende vloeren; stalen UNP-profielen.  
TNO-rapport 96-CMC-R0288, ongerubriceerd, 18 juli 1996.  
Project 62376605; A95/KM/109.

***TABELLEN EN FIGUREN***

MODE NUMMER (BIJ SOM 8)	BUIG- KNOPEN DEK	BUIG- KNOPEN VLOER	FREQUENTIE (Hz)					
			SOM 8	SOM 9	SOM 10	SOM 11	SOM 12	SOM 13
1		0	3.96*	4.09*		3.98	3.94*	4.11*
2		1	4.12*	4.17*		4.13	4.06*	4.11*
3		2	4.32*	4.49*		4.33	4.11*	4.25*
4		3	5.51*	5.56		5.52	4.94*	4.96*
5		4	7.60*	7.62		7.61	7.35	7.39
6		5	11.5*	11.5		11.5	11.3	11.3
7	4		14.9*		13.9*	16.0*	15.1*	
8		6	16.5*	16.5		16.5*	16.4	16.4
9		7	28.5*	28.5		28.5*	28.4	28.4
10	5		29.1*		28.5*	30.1*	29.0	
11		8	31.7*	31.7		31.7*	31.6	31.6
12	6		32.7*		32.3*	33.8*	32.7*	
13		9	39.6*	39.6		39.6	39.5	39.5
14	7		47.4*		47.1*	52.1	47.3	
15		10	50.2*	50.2		50.2	50.2	50.2
16		11	57.2*	57.2		57.2	57.2	57.2
17		12	68.2*	68.2		68.2	68.2	68.2
18		13	77.6*	77.6		77.6	77.6	77.6
19	8		80.8*		80.7*	85.4*	80.8	
20		14	87.3*	87.3		87.3	87.3	87.3

\* Van de gemarkeerde modes is een figuur in dit rapport opgenomen; zie tabel 2.  
De eerste mode van som 12 heeft, net als de derde, twee buigknopen.

Som 8: Uitgangspunt, gelijk aan som 7, maar veren lineair verondersteld.

Som 9: Als som 8, maar het dek is oneindig stijf.

Som 10: Het dek uit som 8, zonder vloer.

Som 11: Als som 8, maar het dek tussen de schotten 32,4% verstijfd; voorbereiding op som 14.

Som 12: Als som 8, maar de veren hebben nu dezelfde ruimtelijke verdeling als de vloermassa.

Som 13: Als som 12, maar het dek is oneindig stijf.

TABEL 1. Schema van alle berekende eigenmodes.

MODE NUMMER (BIJ SOM 8)	BUIG- KNOPEN DEK	BUIG- KNOPEN VLOER	FIGUURNUMMERS					
			SOM 8	SOM 9	SOM 10	SOM 11	SOM 12	SOM 13
1		0	1	21			36	42
2		1	2	22			37	43
3		2	3	23			38	44
4		3	4				39	45
5		4	5					
6		5	6					
7	4		7		24	29	40	
8		6	8			30		
9		7	9			31		
10	5		10		25	32		
11		8	11			33		
12	6		12		26	34	41	
13		9	13					
14	7		14		27			
15		10	15					
16		11	16					
17		12	17					
18		13	18					
19	8		19		28	35		
20		14	20					

Som 8: Uitgangspunt, gelijk aan som 7, maar veren lineair verondersteld.

Som 9: Als som 8, maar het dek is oneindig stijf.

Som 10: Het dek uit som 8, zonder vloer.

Som 11: Als som 8, maar het dek tussen de schotten 32,4% verstijfd; voorbereiding op som 14.

Som 12: Als som 8, maar de veren hebben nu dezelfde ruimtelijke verdeling als de vloermassa.

Som 13: Als som 12, maar het dek is oneindig stijf.

TABEL 2. De figuurnummers van de in dit rapport grafisch weergegeven eigenmodes.

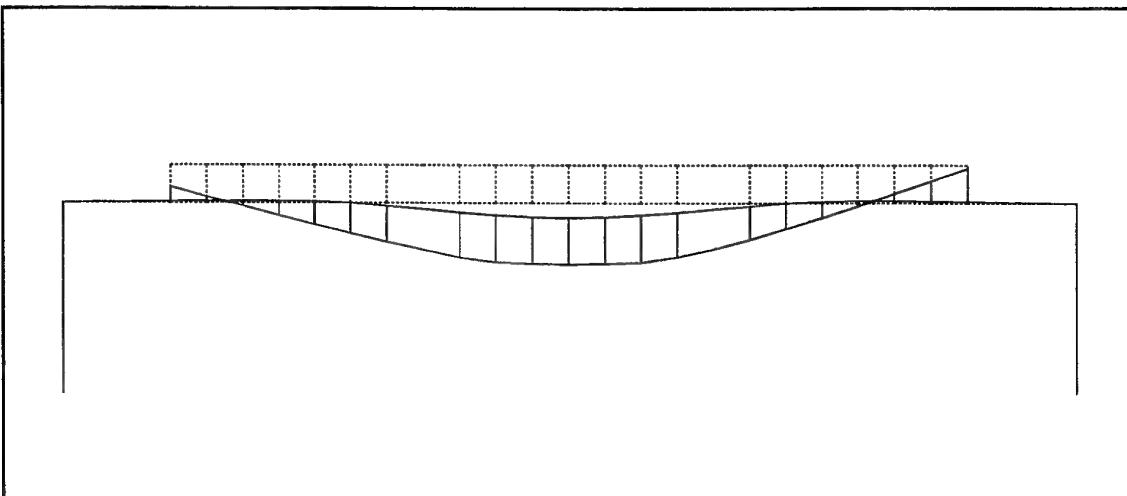


Figure 1. Som 8; Mode 1; 3,956 Hz.

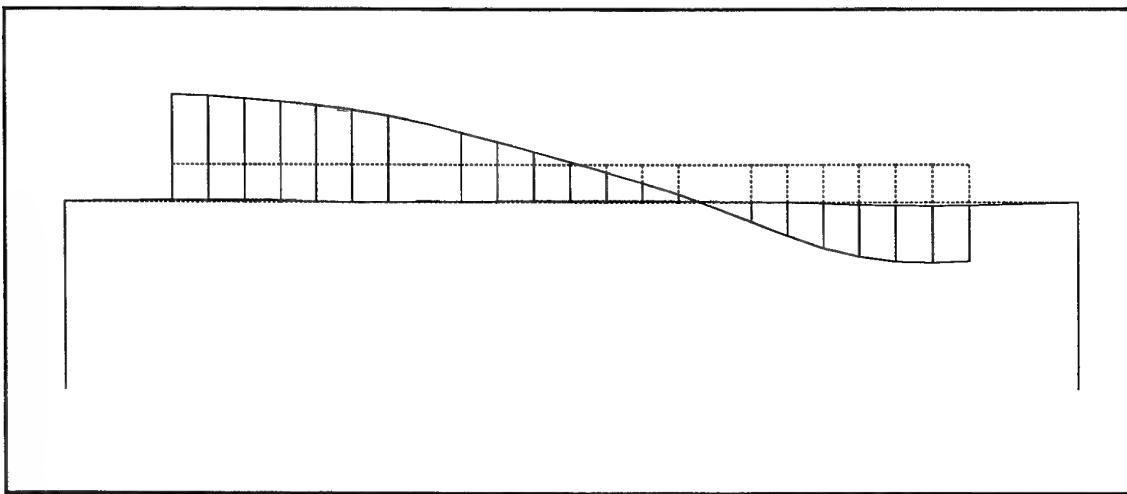


Figure 2. Som 8; Mode 2; 4,125 Hz.

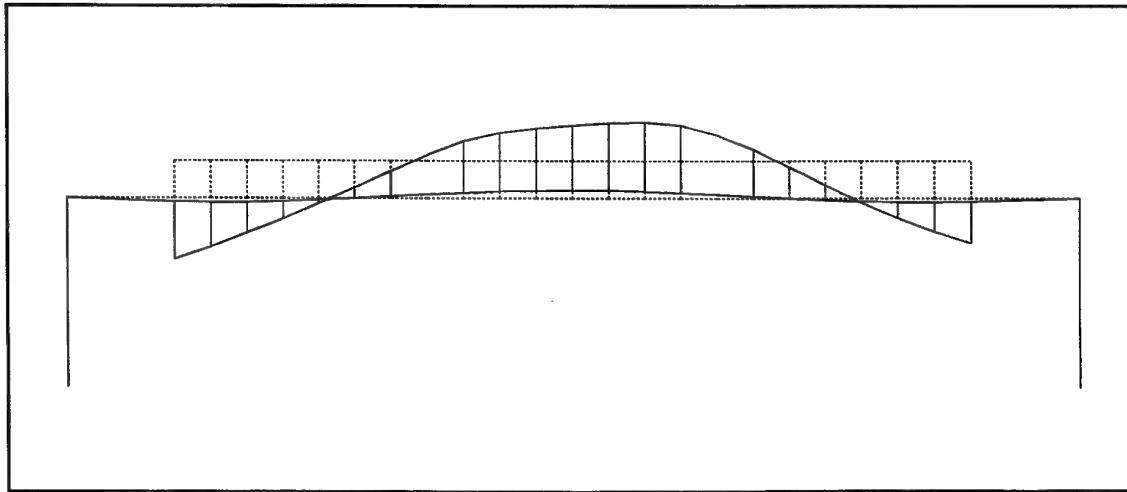


Figure 3. Som 8; Mode 3; 4,320 Hz.

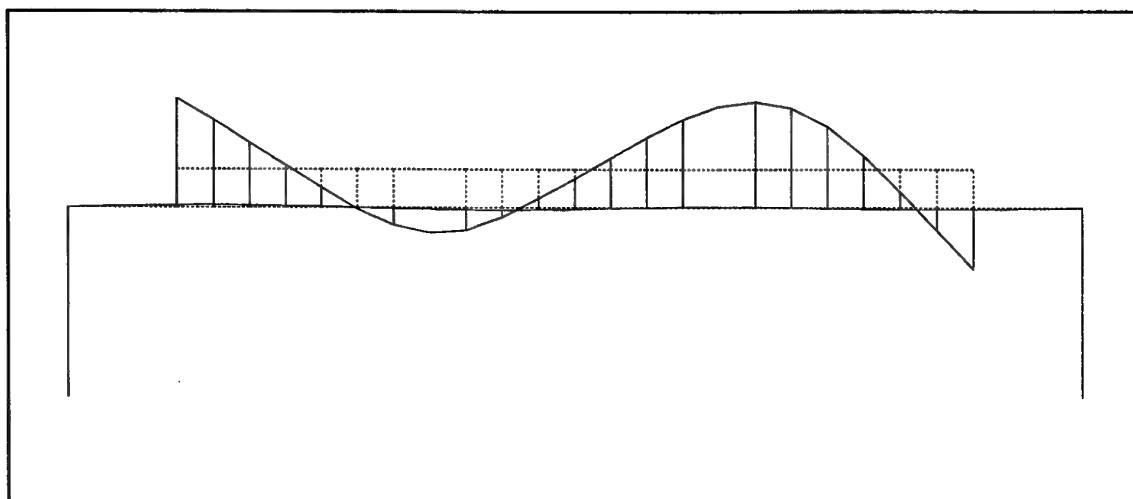


Figure 4. Som 8; Mode 4; 5,516 Hz.

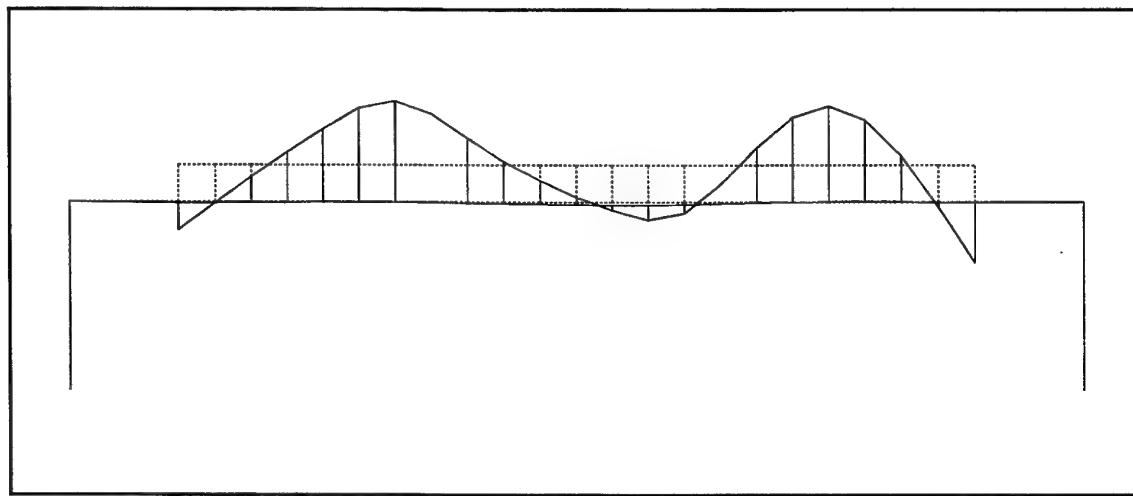


Figure 5. Som 8; Mode 5; 7,603 Hz.

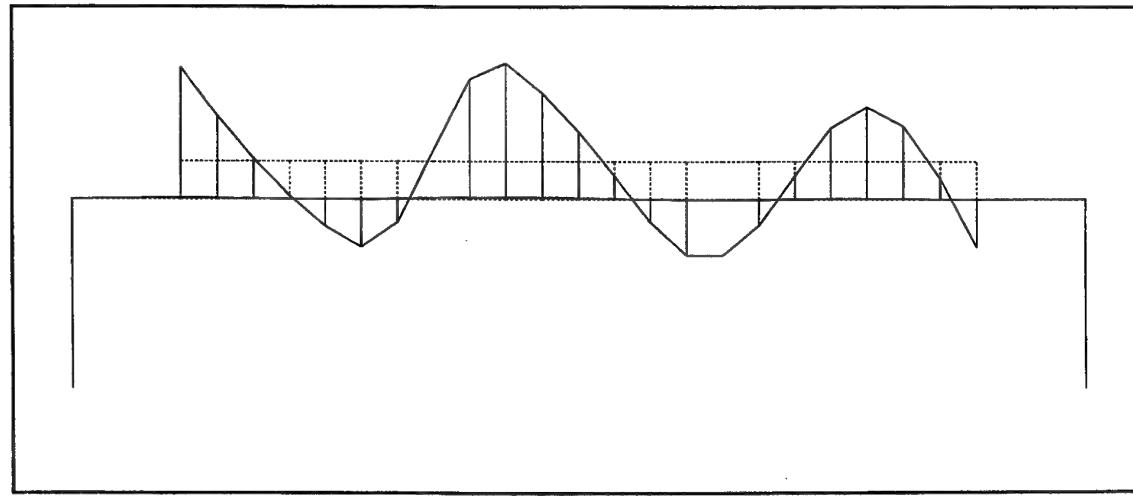


Figure 6. Som 8; Mode 6; 11,49 Hz.

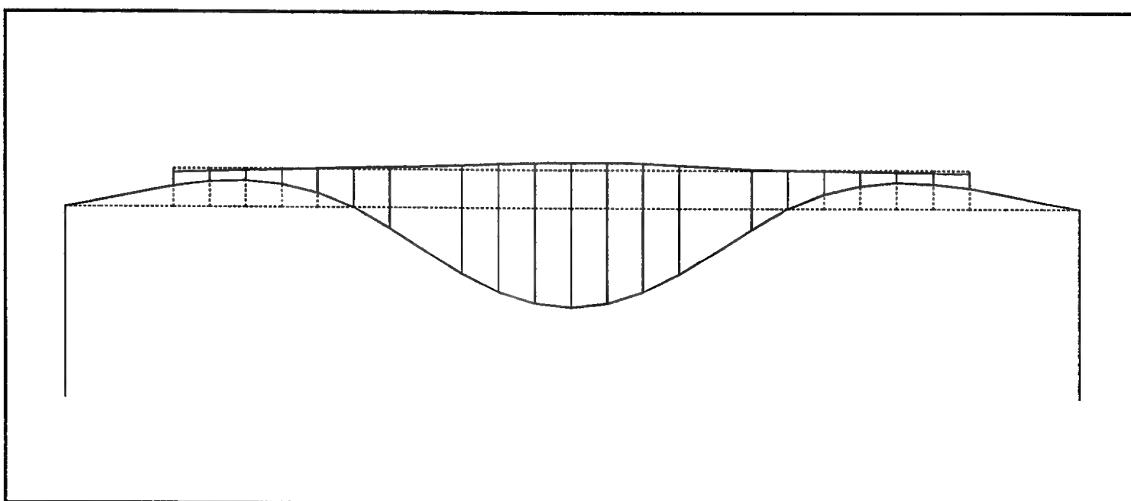


Figure 7. Som 8; Mode 7; 14,94 Hz.

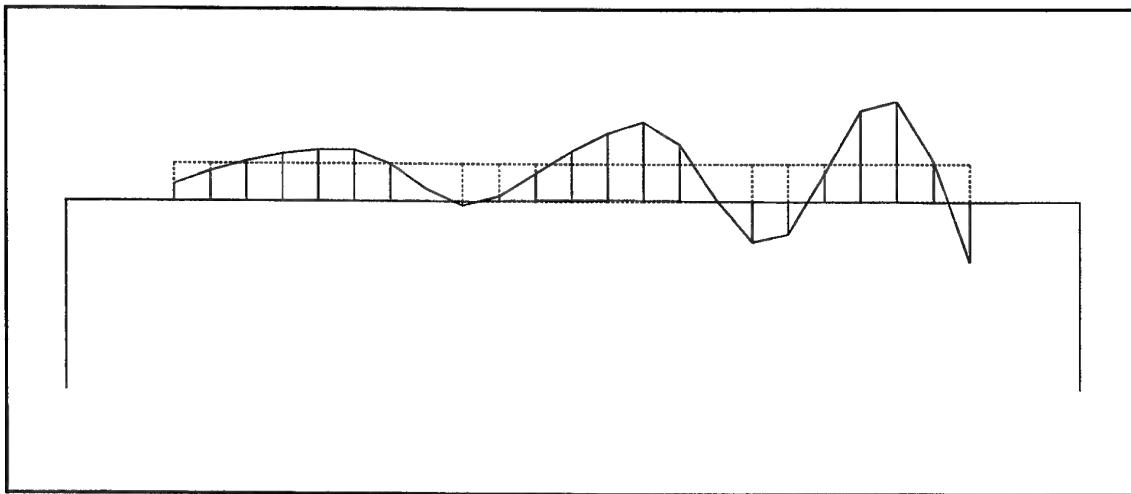


Figure 8. Som8; Mode 8; 16,53 Hz.

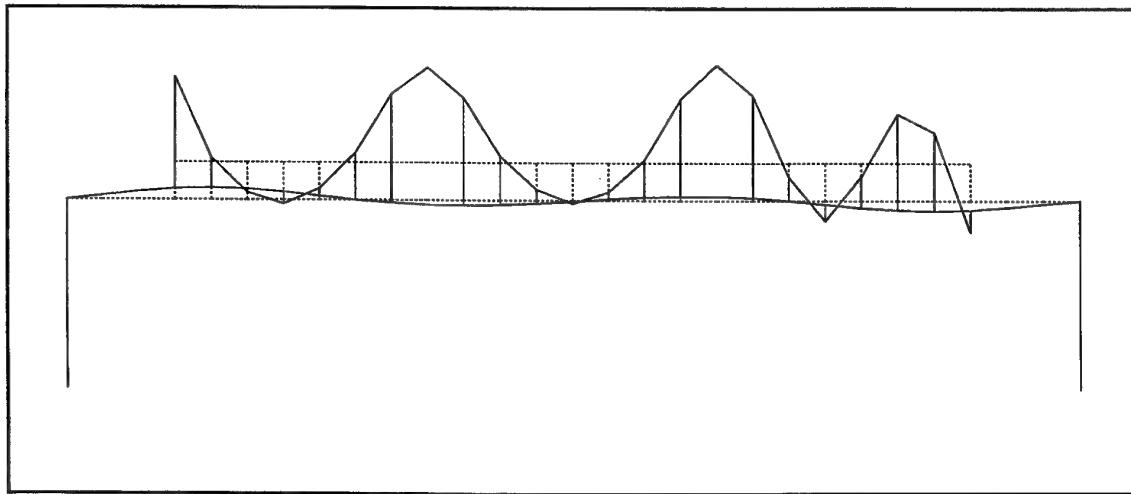


Figure 9. Som 8; Mode 9; 28,51 Hz.

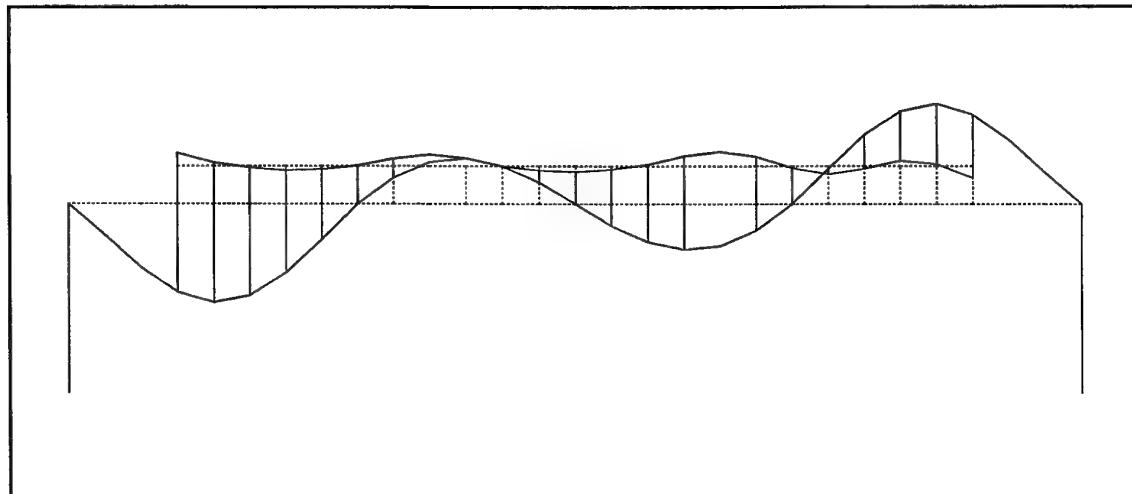


Figure 10. Som 8; Mode 10; 29,06 Hz.

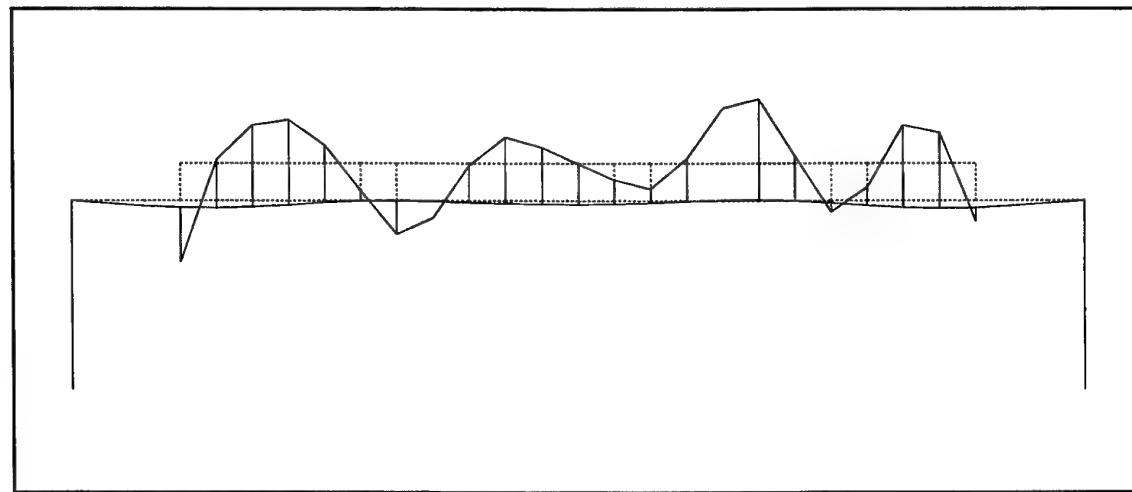


Figure 11. Som 8; Mode 11; 31,68 Hz.

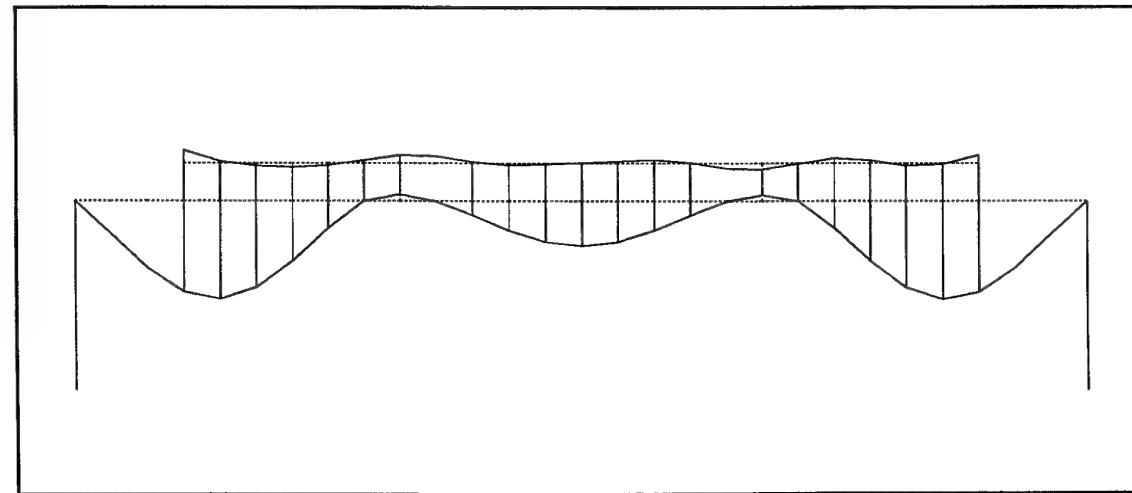
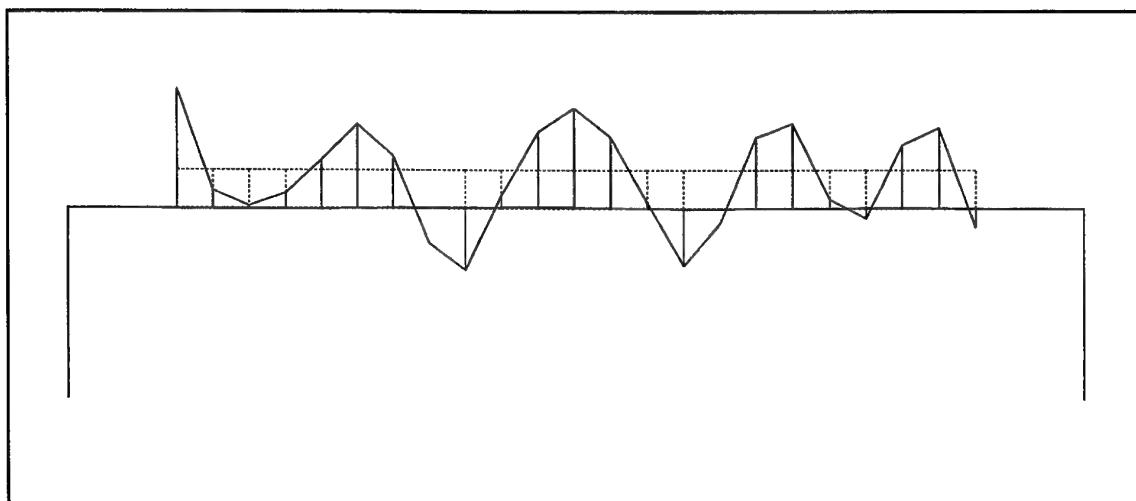
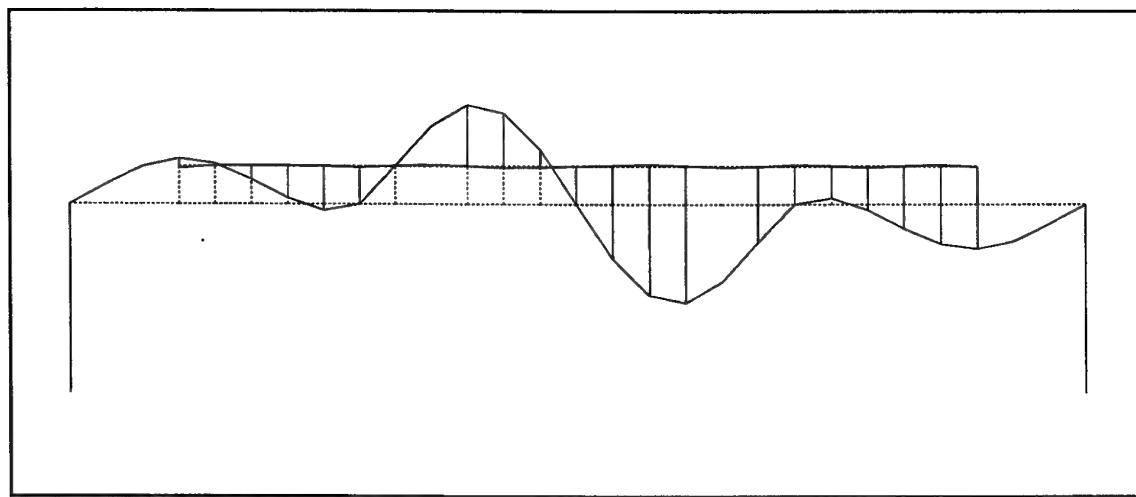


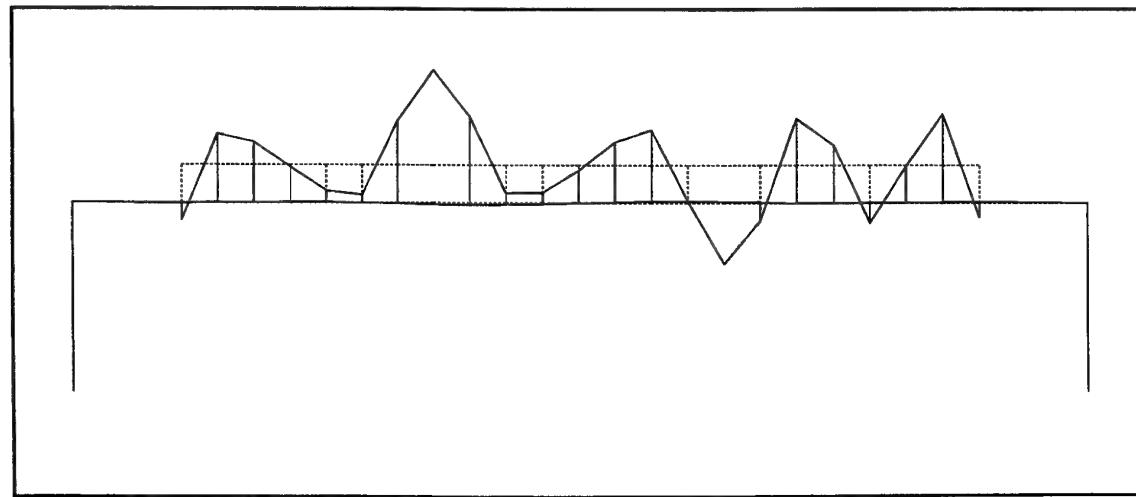
Figure 12. Som 8; Mode 12; 32,71 Hz.



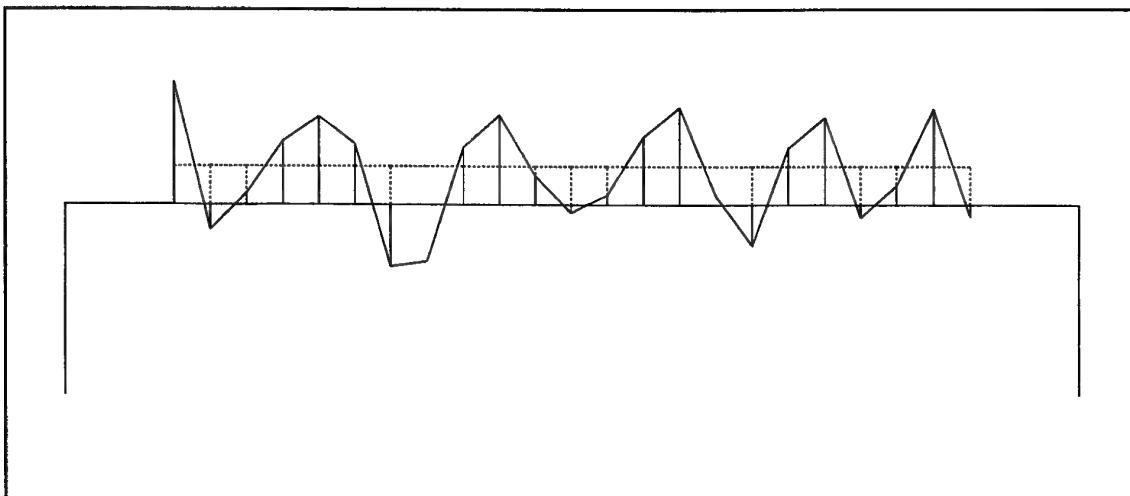
**Figure 13.** Som 8; Mode 13; 39,57 Hz.



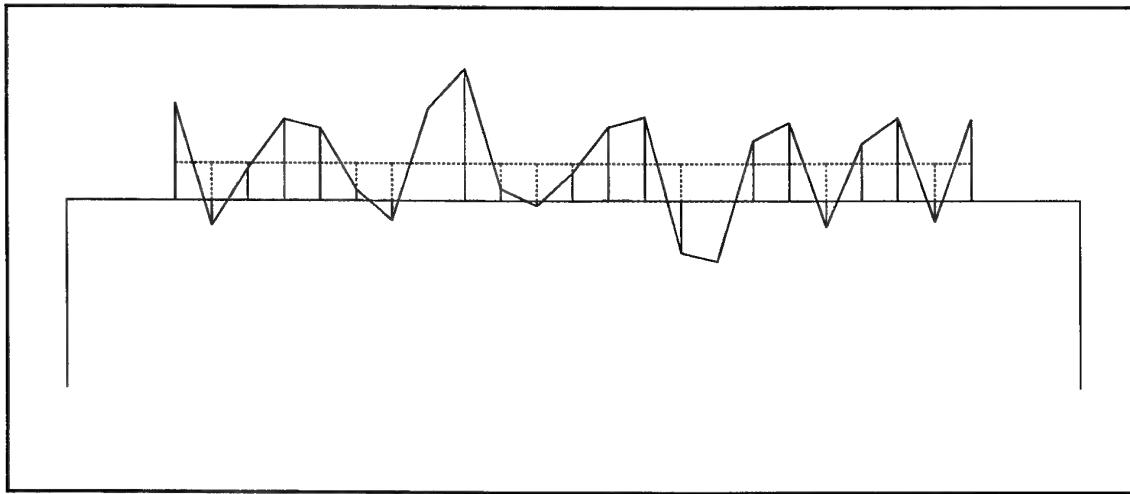
**Figure 14.** Som 8; Mode 14; 47,39 Hz.



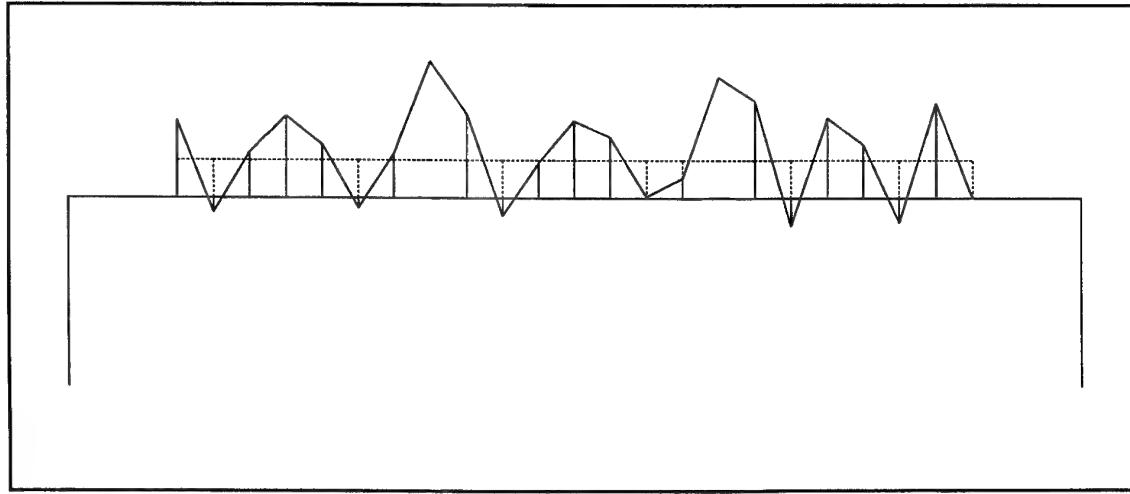
**Figure 15.** Som 8; Mode 15; 50,23 Hz.



**Figure 16.** Som 8; Mode 16; 57,22 Hz.



**Figure 17.** Som 8; Mode 17; 68,20 Hz.



**Figure 18.** Som 8; Mode 18; 77,58 Hz.

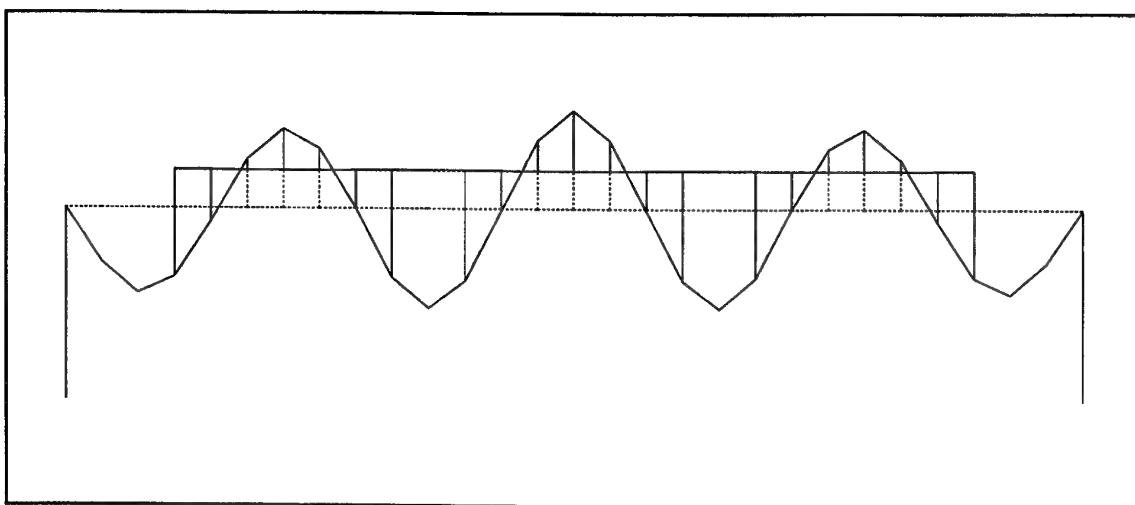


Figure 19. Som 8; Mode 19; 80,82 Hz.

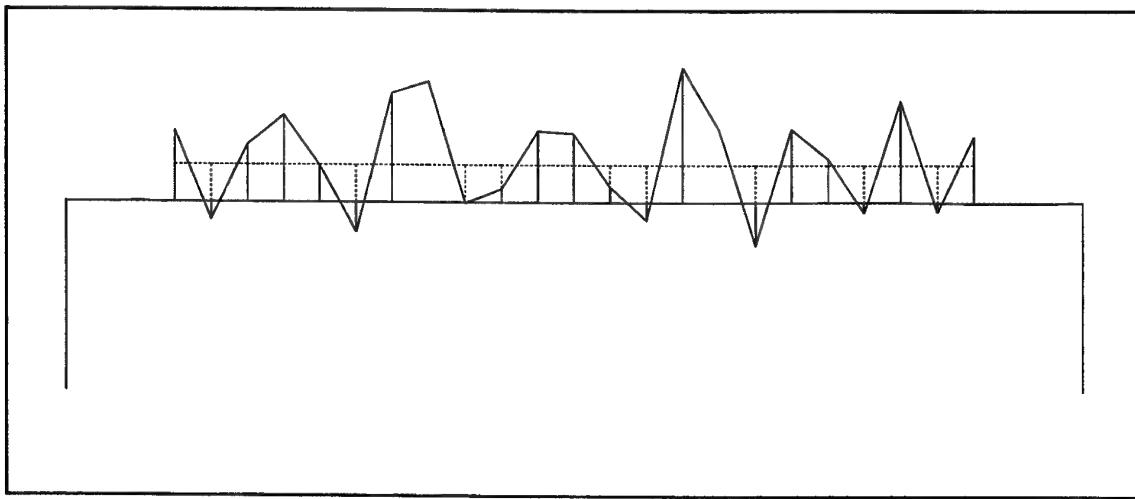


Figure 20. Som 8; Mode 20; 87,34 Hz.

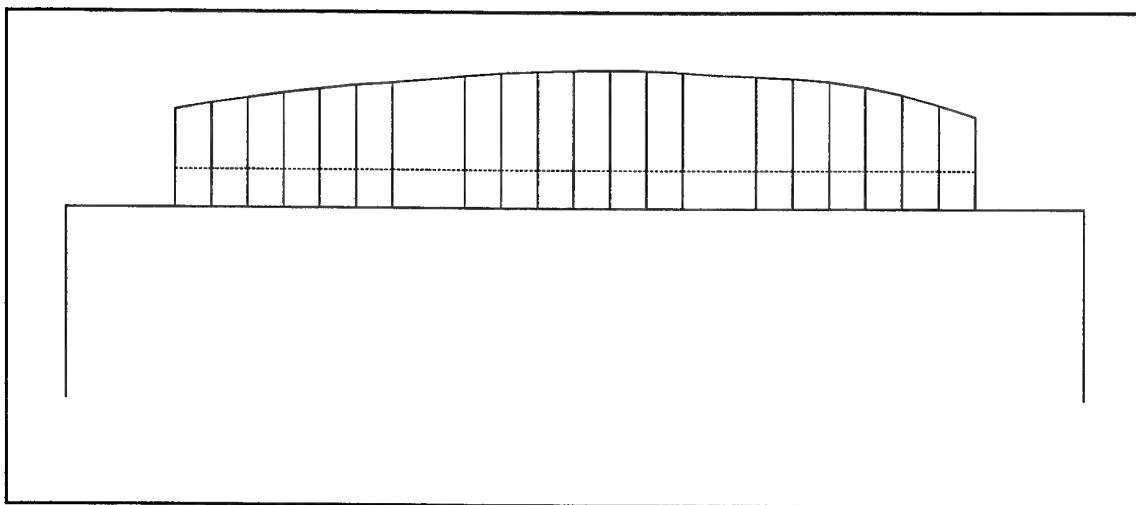


Figure 21. Som 9; Mode 1; 4,087 Hz.

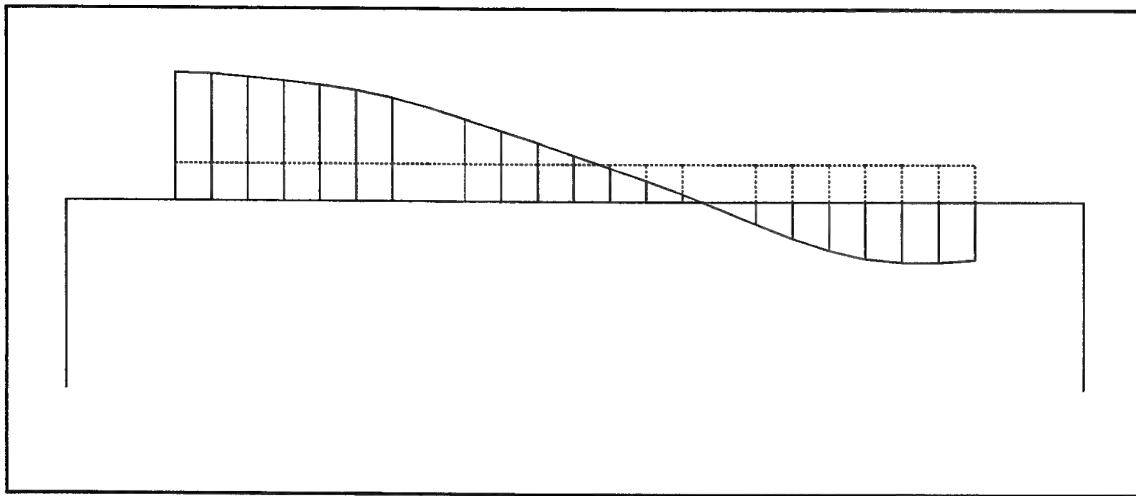


Figure 22. Som 9; Mode 2; 4,167 Hz.

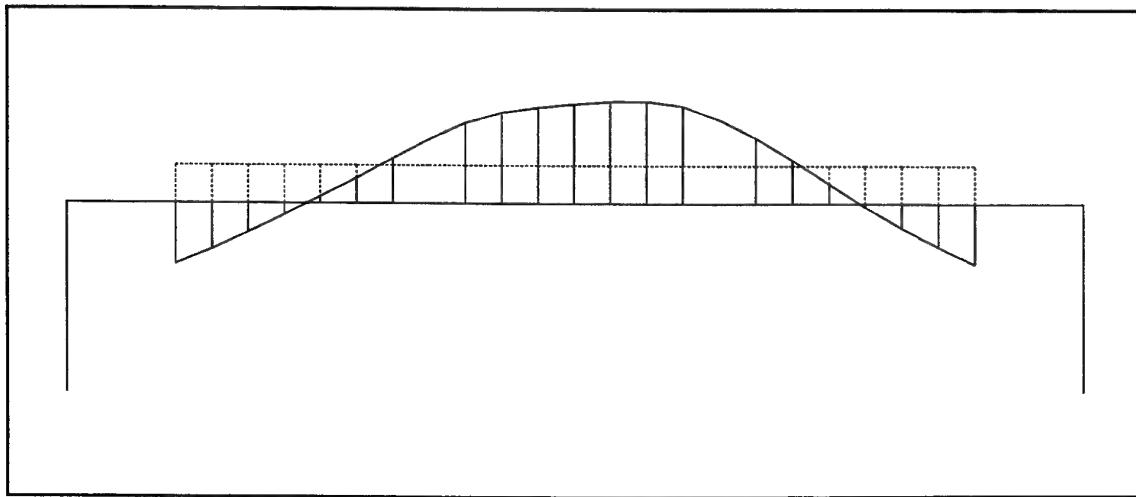


Figure 23. Som 9; Mode 3; 4,491 Hz.

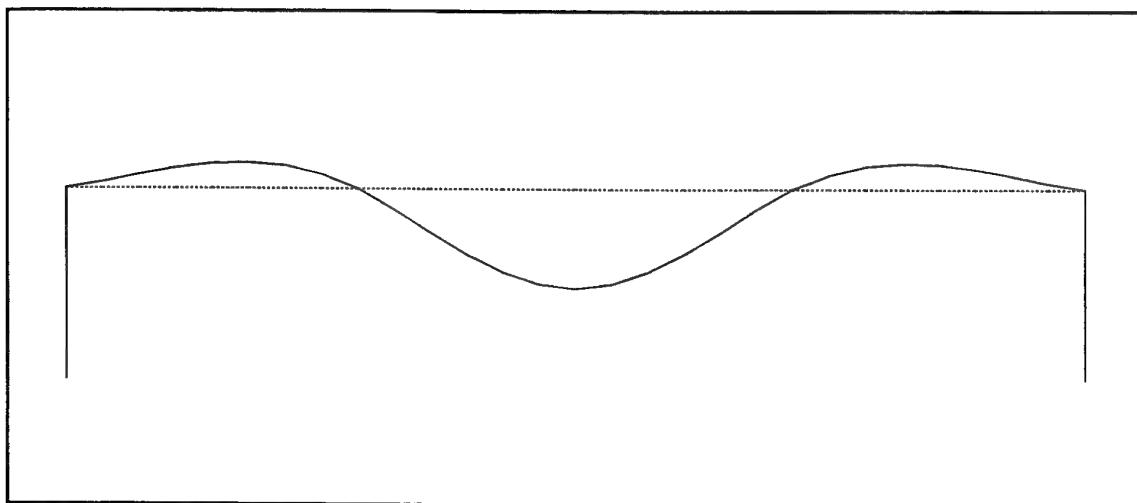


Figure 24. Som 10; Mode 7; 13,85 Hz.

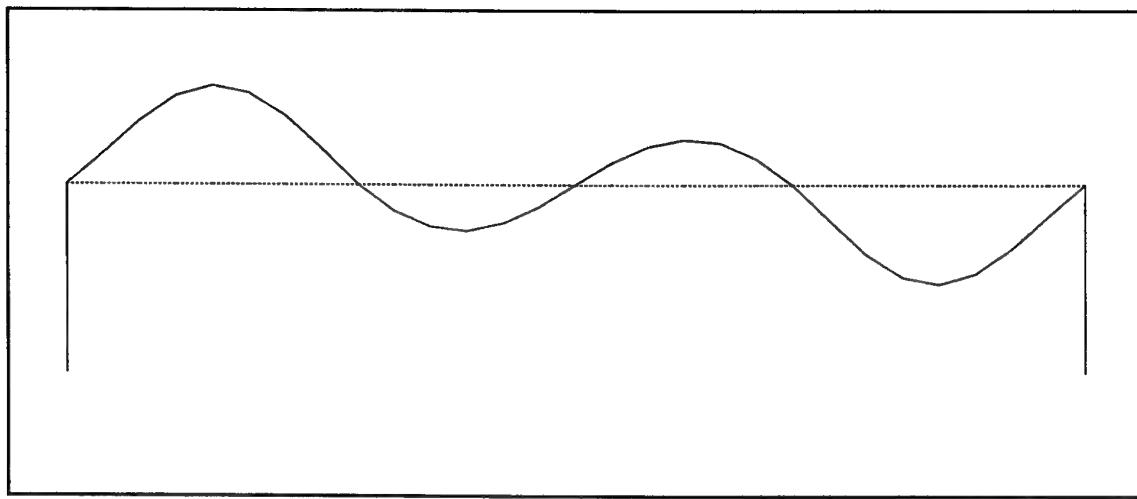


Figure 25. Som 10; Mode 10; 28,53 Hz.

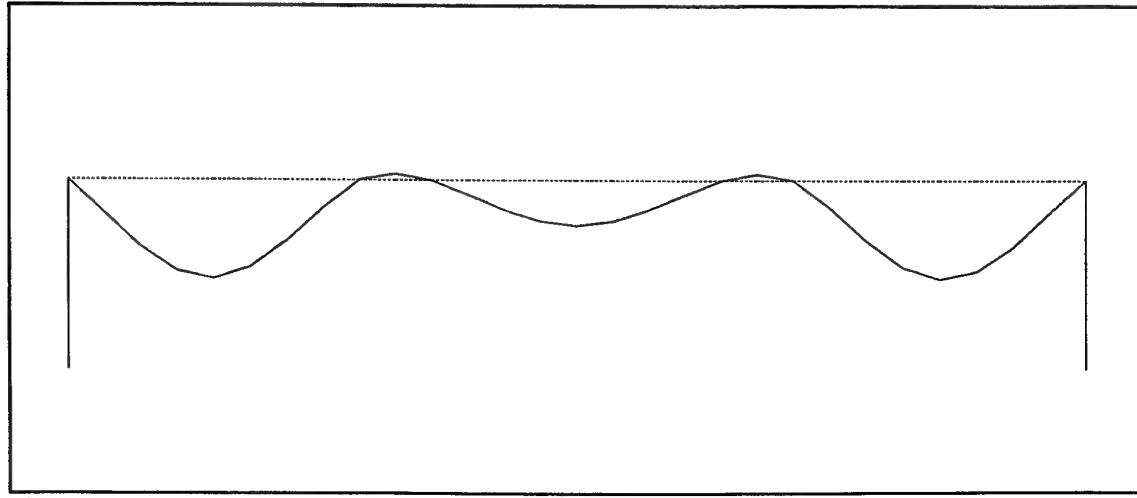


Figure 26. Som 10; Mode 12; 32,25 Hz.

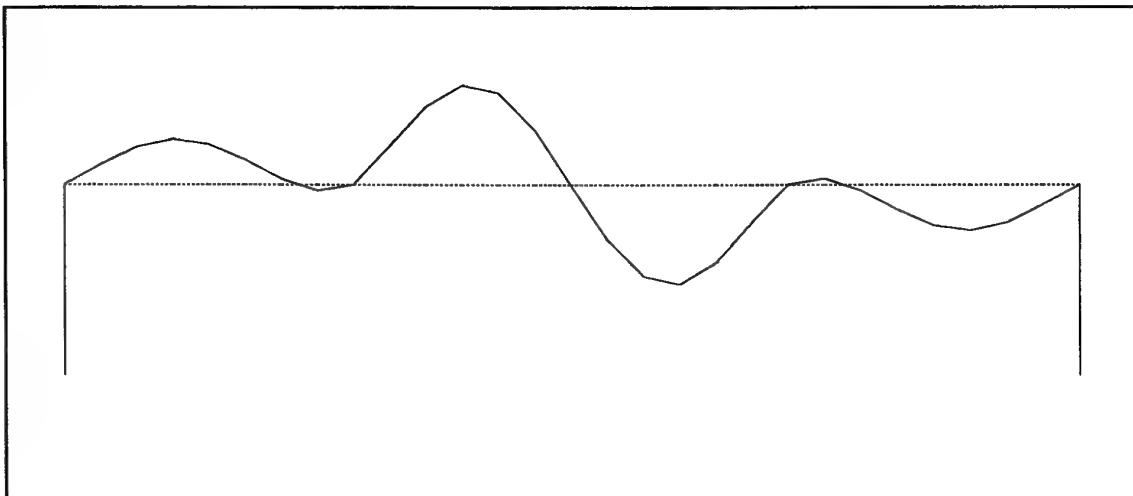


Figure 27. Som 10; Mode 14; 47,07 Hz.

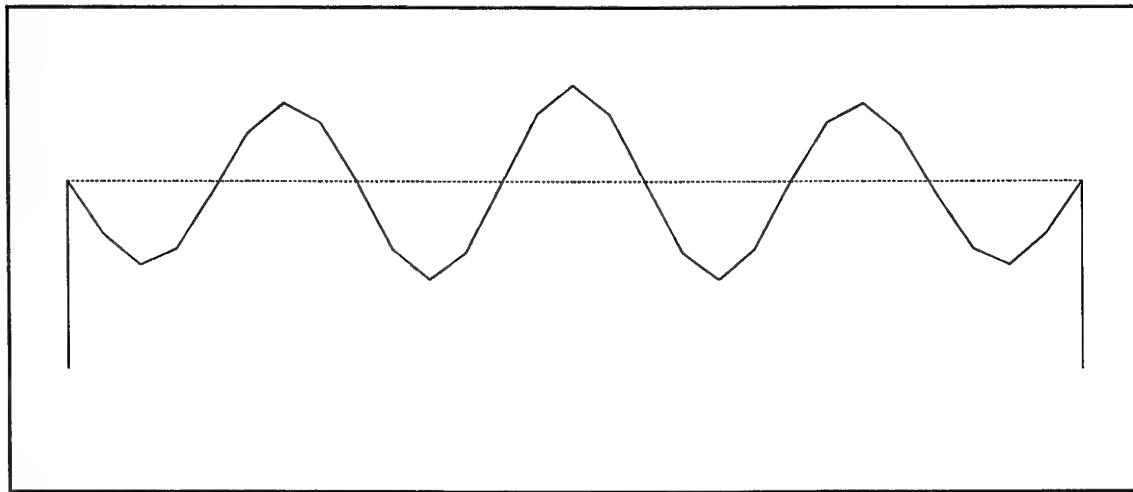
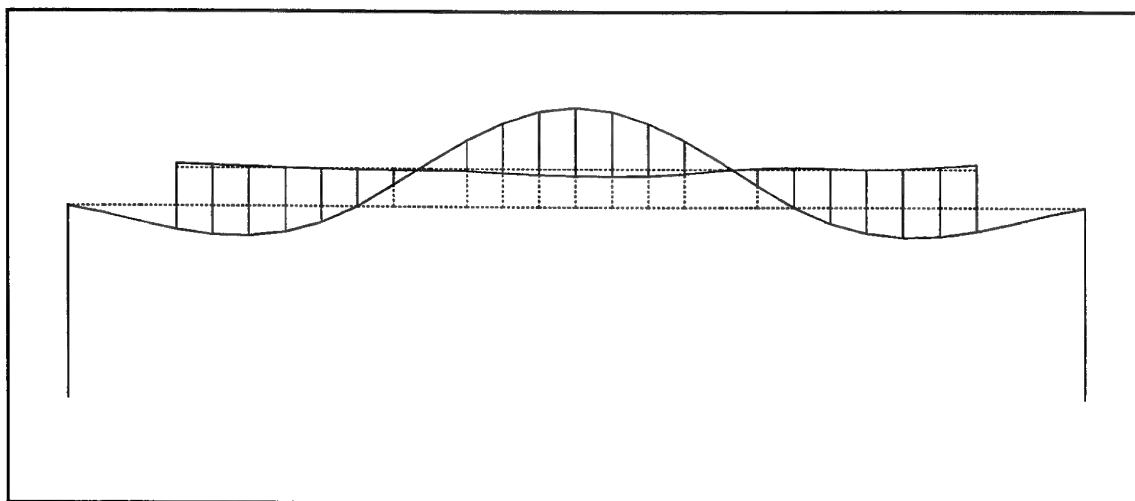
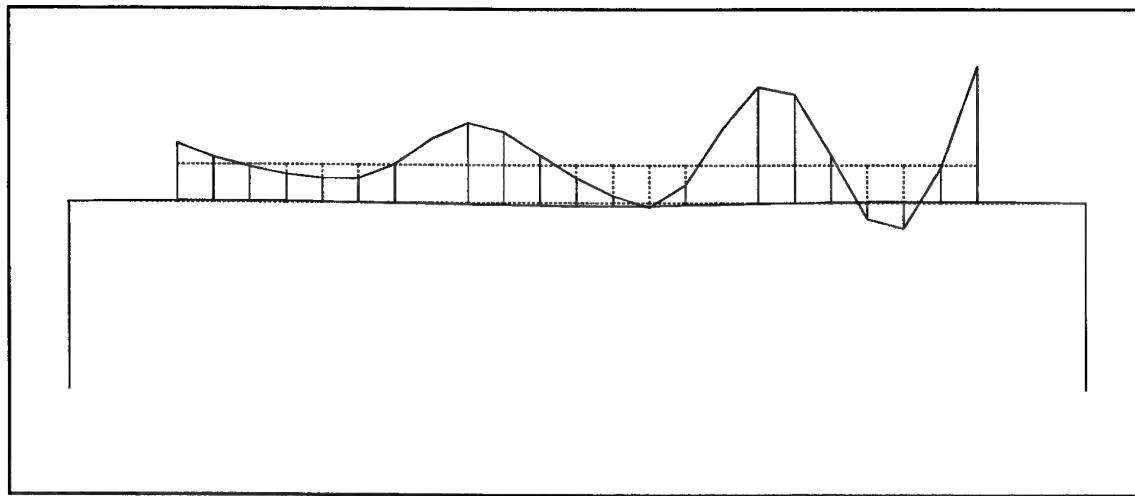


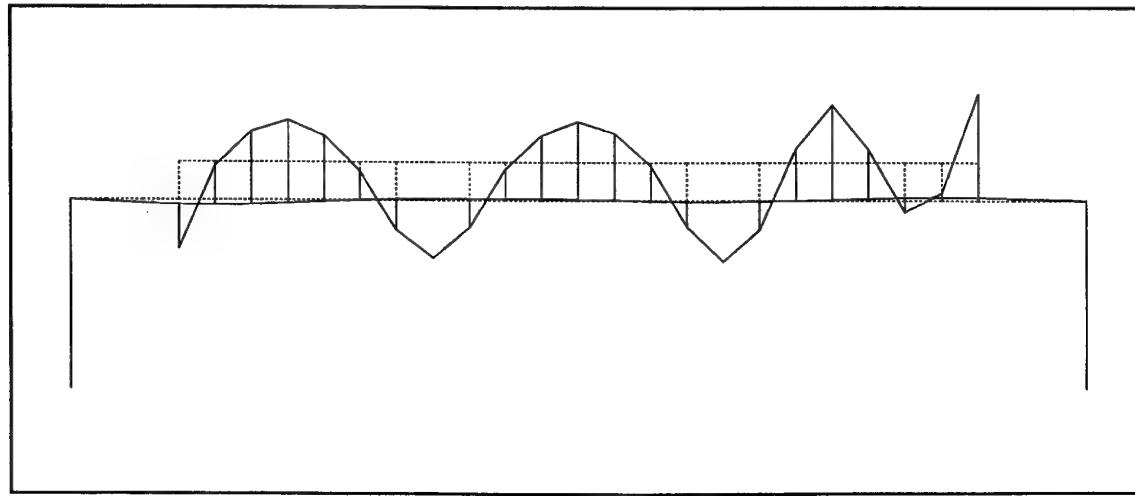
Figure 28. Som 10; Mode 19; 80,67 Hz.



**Figure 29.** Som 11; Mode 7; 16,01 Hz.



**Figure 30.** Som 11; Mode 8; 16,53 Hz.



**Figure 31.** Som 11; Mode 9; 28,51 Hz.

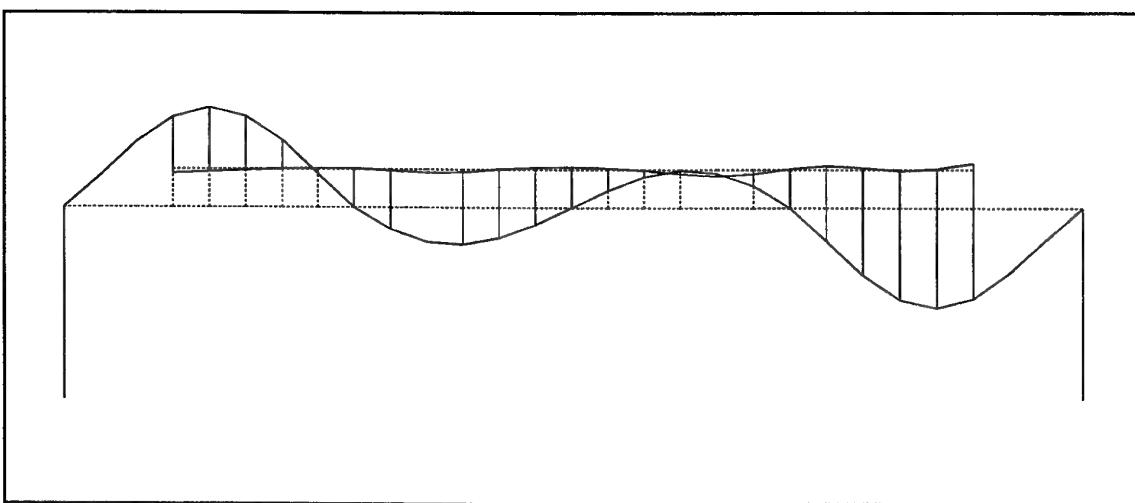


Figure 32. Som 11; Mode 10; 30,13 Hz.

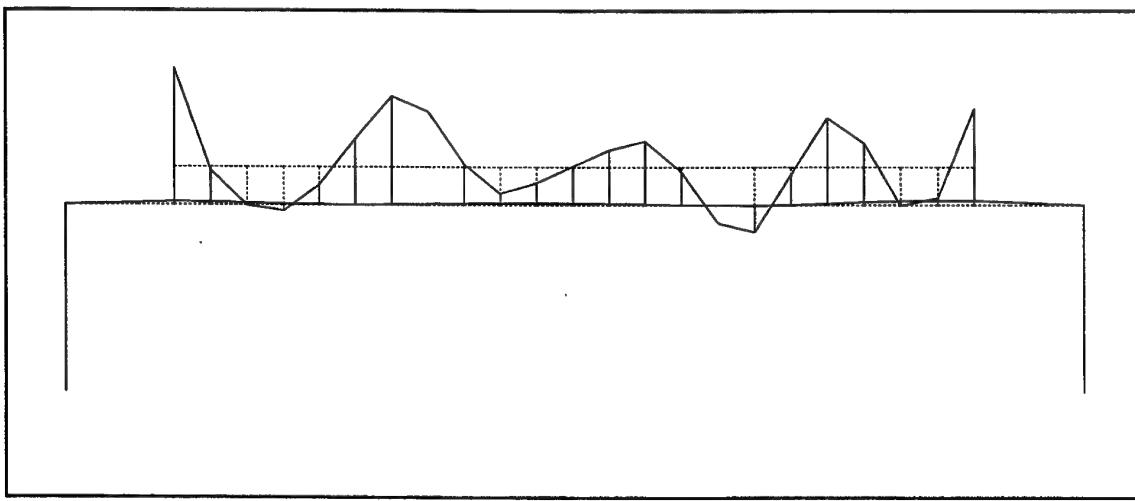


Figure 33. Som 11; Mode 11; 31,69 Hz.

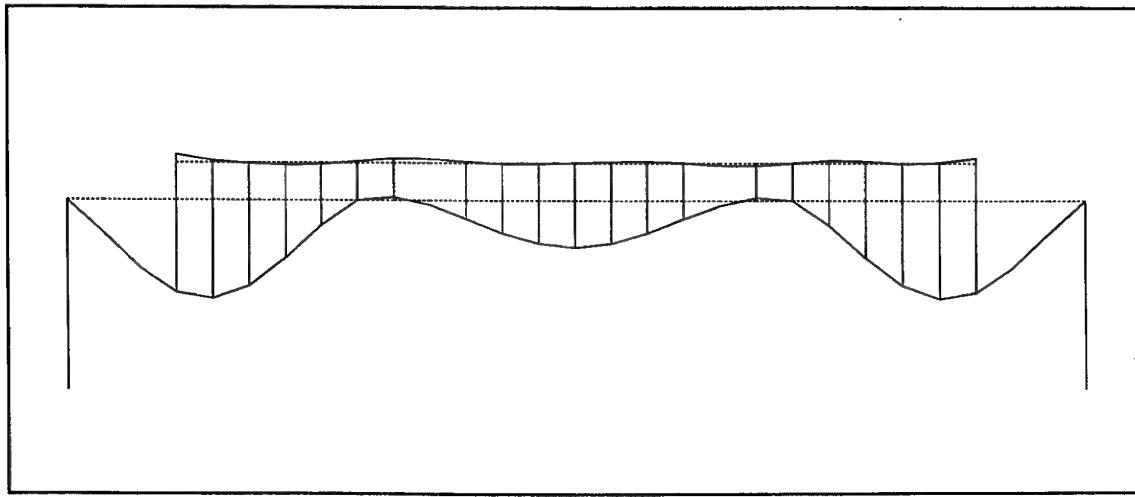


Figure 34. Som 11; Mode 12; 33,76 Hz.

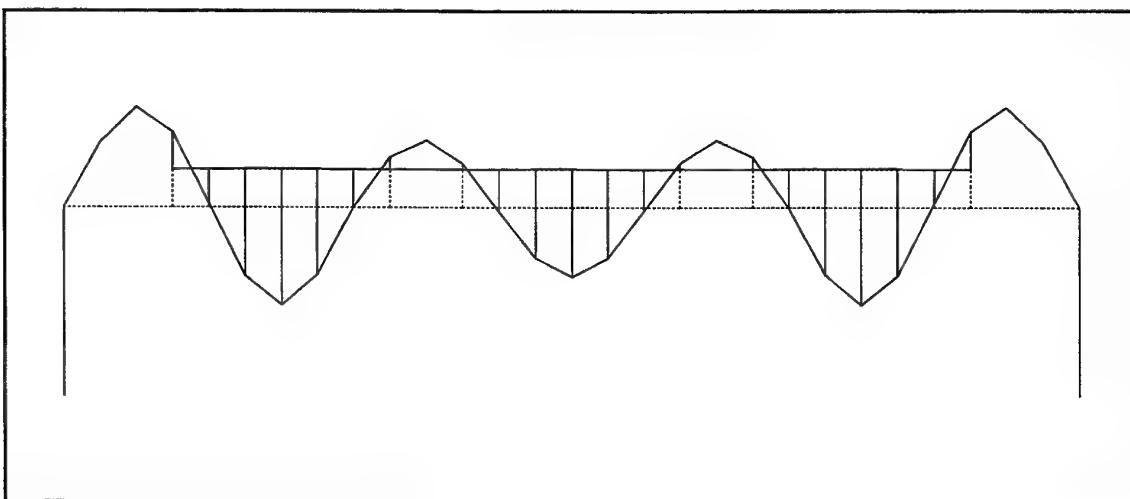


Figure 35. Som 11; Mode 19; 85,43 Hz.

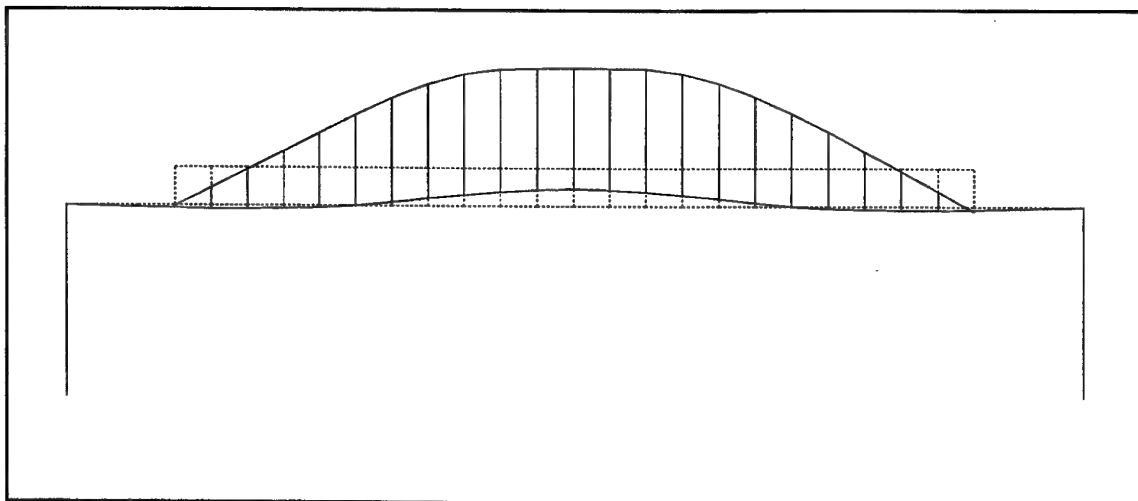


Figure 36. Som 12; Mode 1; 3,940 Hz.

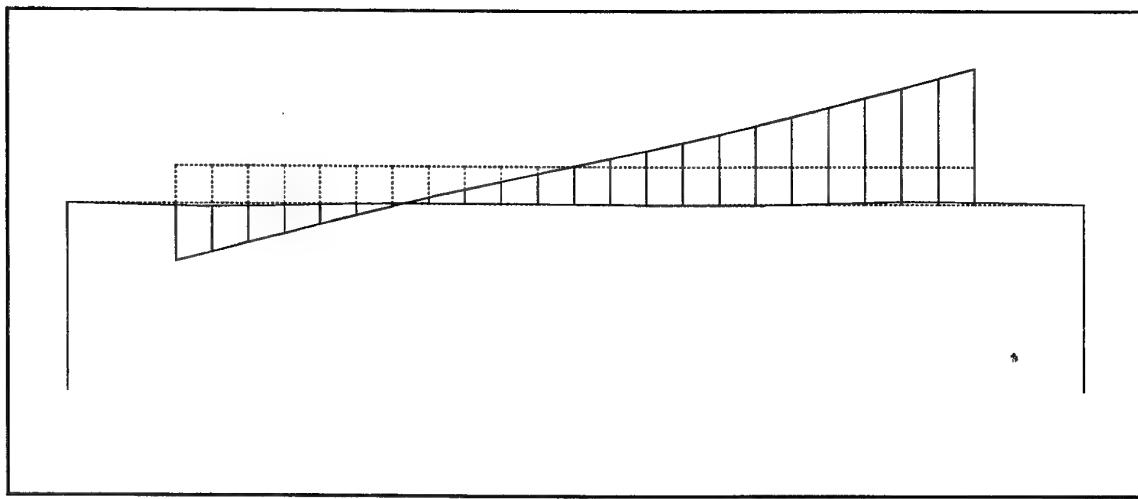


Figure 37. Som 12; Mode 2; 4,063 Hz.

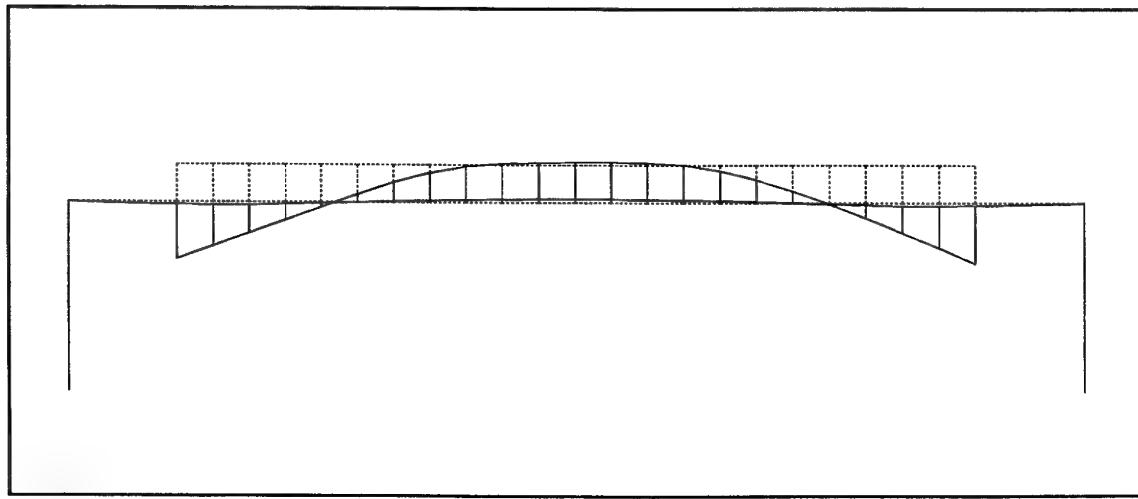


Figure 38. Som 12; Mode 3; 4,106 Hz.

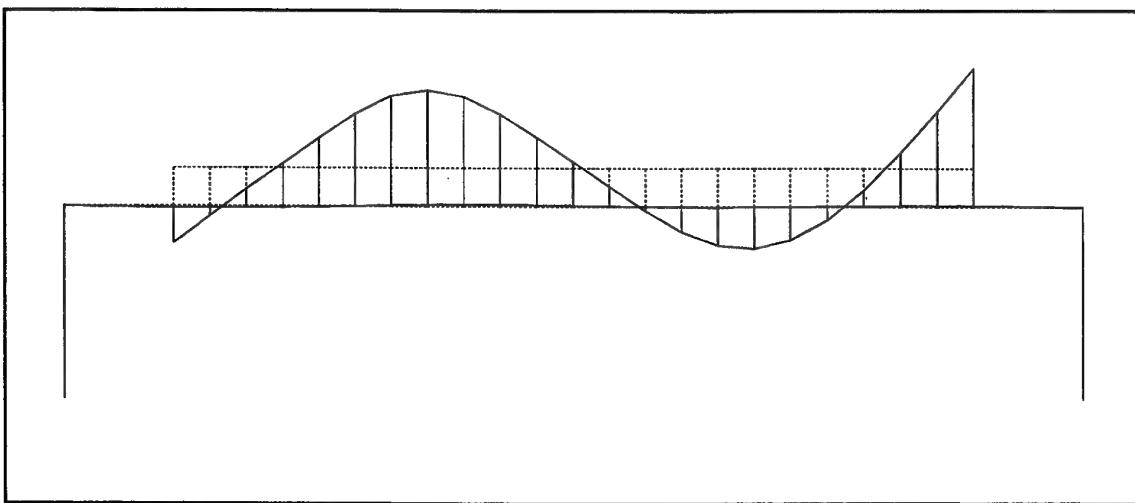


Figure 39. Som 12; Mode 4; 4,943 Hz.

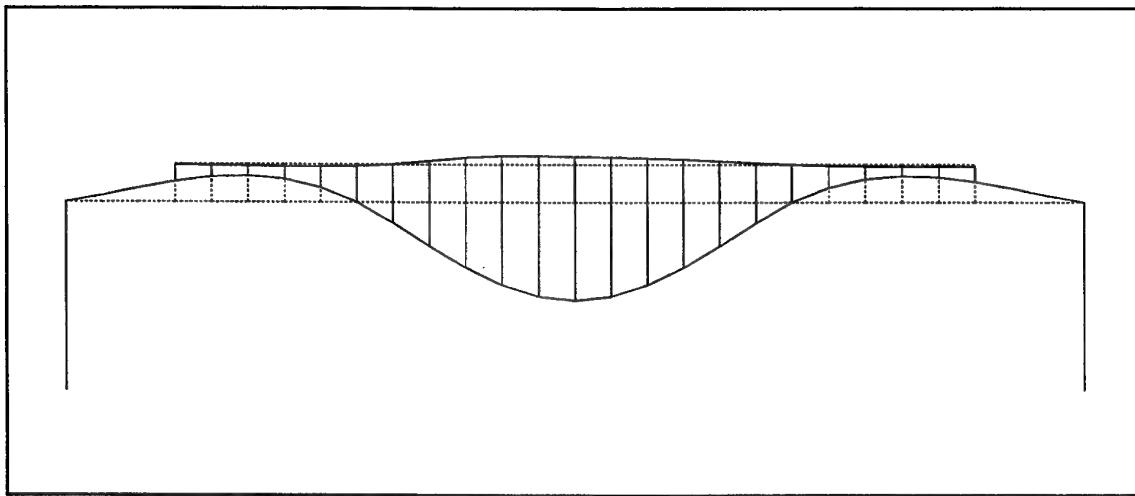


Figure 40. Som 12; Mode 7; 15,10 Hz.

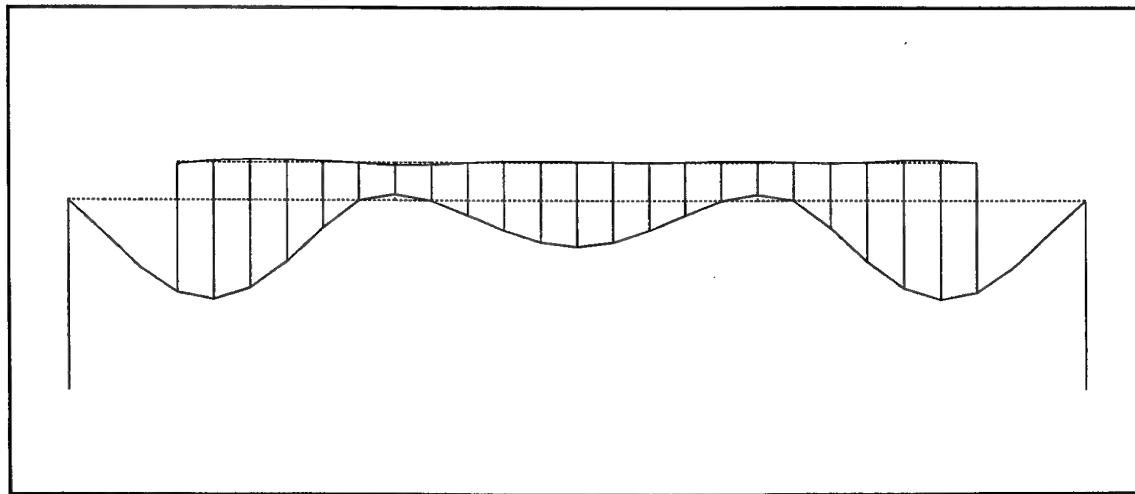
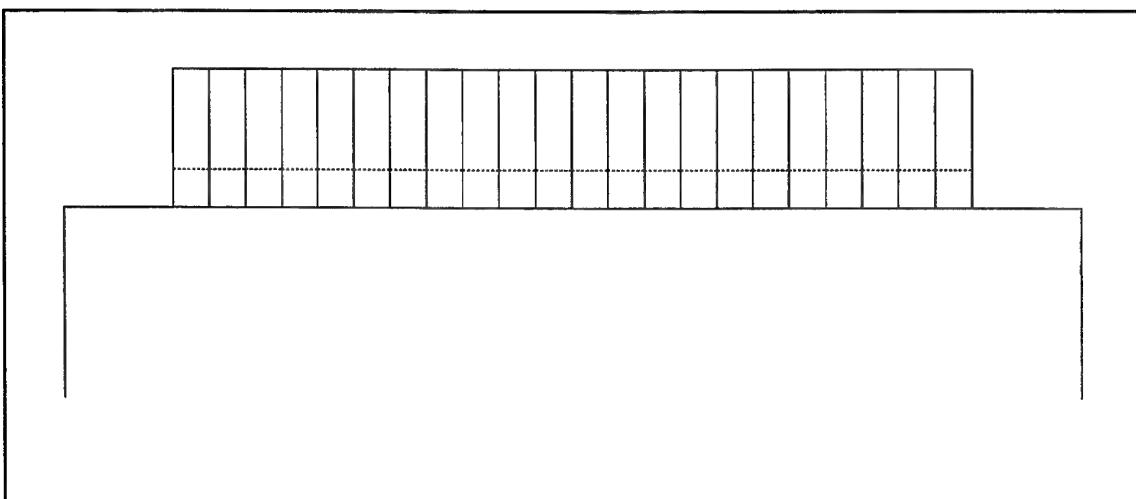
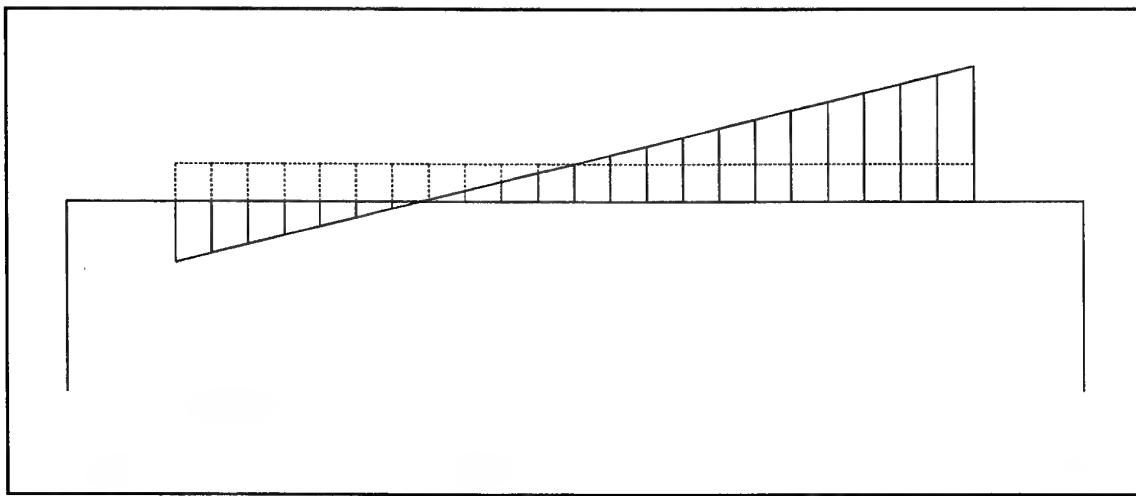


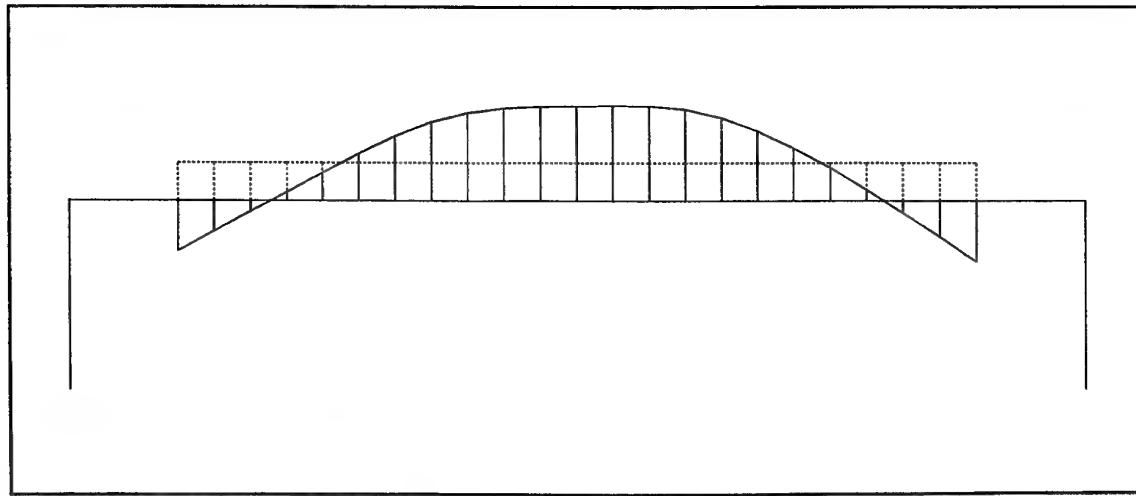
Figure 41. Som 12; Mode 12; 32,71 Hz.



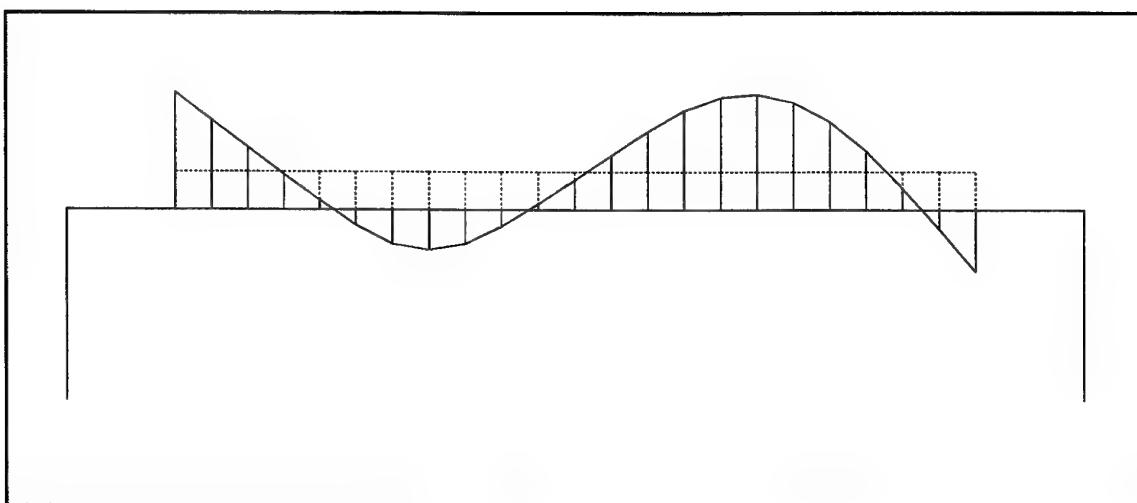
**Figure 42.** Som 13; Mode 1; 4,114 Hz.



**Figure 43.** Som 13; Mode 2; 4,114 Hz.



**Figure 44.** Som 13; Mode 3; 4,253 Hz.



**Figure 45.** Som 13; Mode 4; 4,965 Hz.

## **BIJLAGE A**

### SPECTRALE DATA VAN SOM 7.

Pag. A1.

Geometrisch schema met nummering van knooppunten volgens Som 7.  
Even nummers in het dek, oneven nummers in de vloer.

Pag. A2.

Beschrijving van de input puls van Som 7 in het tijddomein.

Pag. A3.

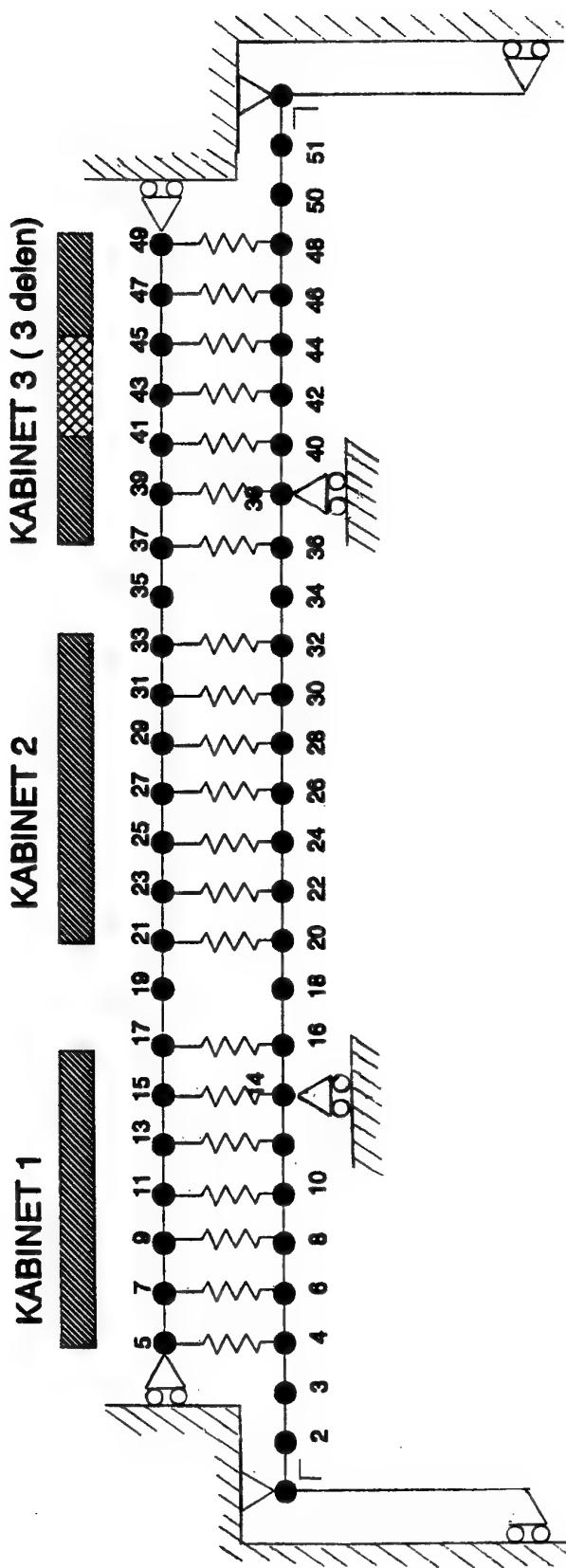
Beschrijving van de input puls van Som 7 (Ref [3]) in het frequentiedomein.  
Deze werd opgedrongen aan de knooppunten 1, 14, 38 en 52.

Pag. A4, A5 en A6.

Spectra van het dek op de knooppunten 6, 26 en 46.

Pag. A7 tot en met A17.

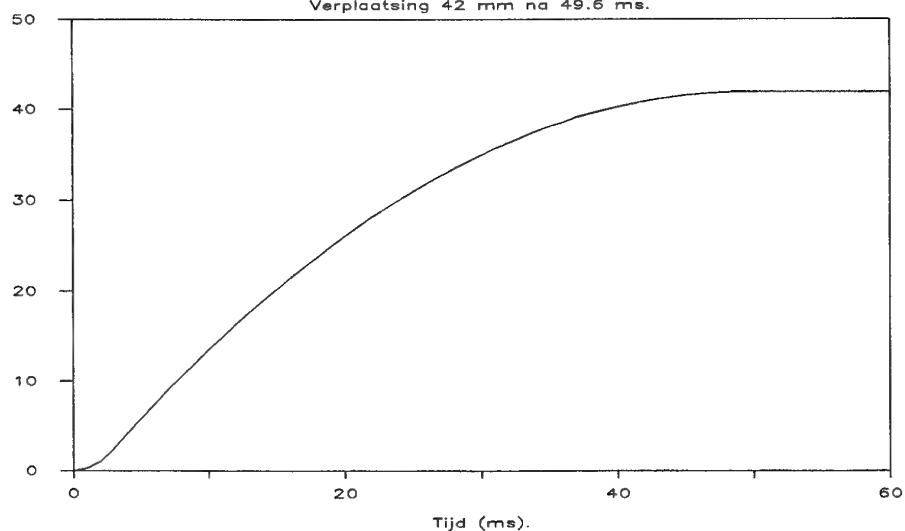
Spectra van de vloer op de knooppunten 5, 7, 11, 15, 17, 21, 27, 33, 39, 43  
en 47.



AANSTOTING VERTICAAL.

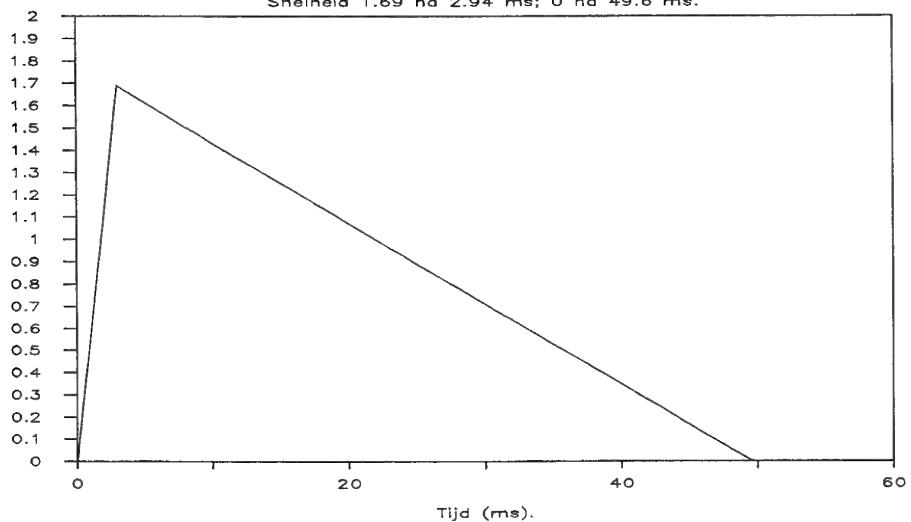
Verplaatsing 42 mm na 49.6 ms.

Verplaatsing (mm).



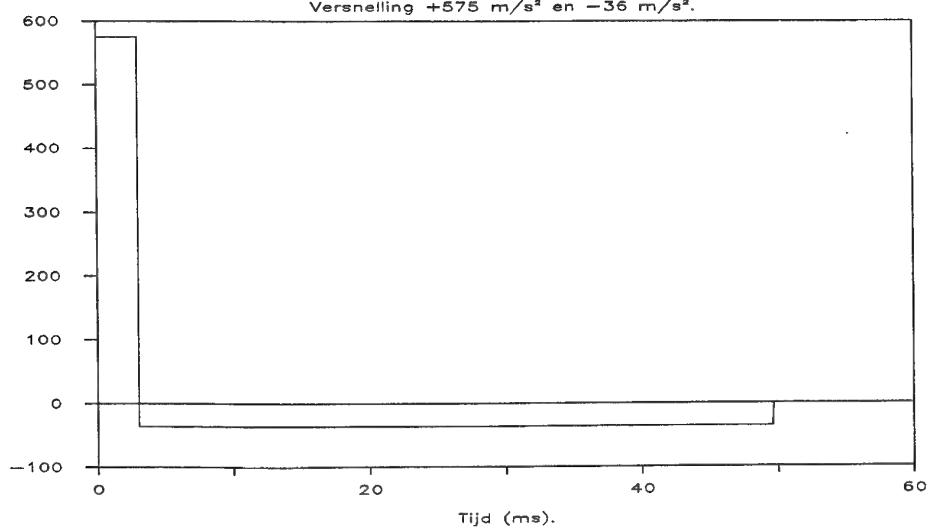
Snelheid 1.69 na 2.94 ms; 0 na 49.6 ms.

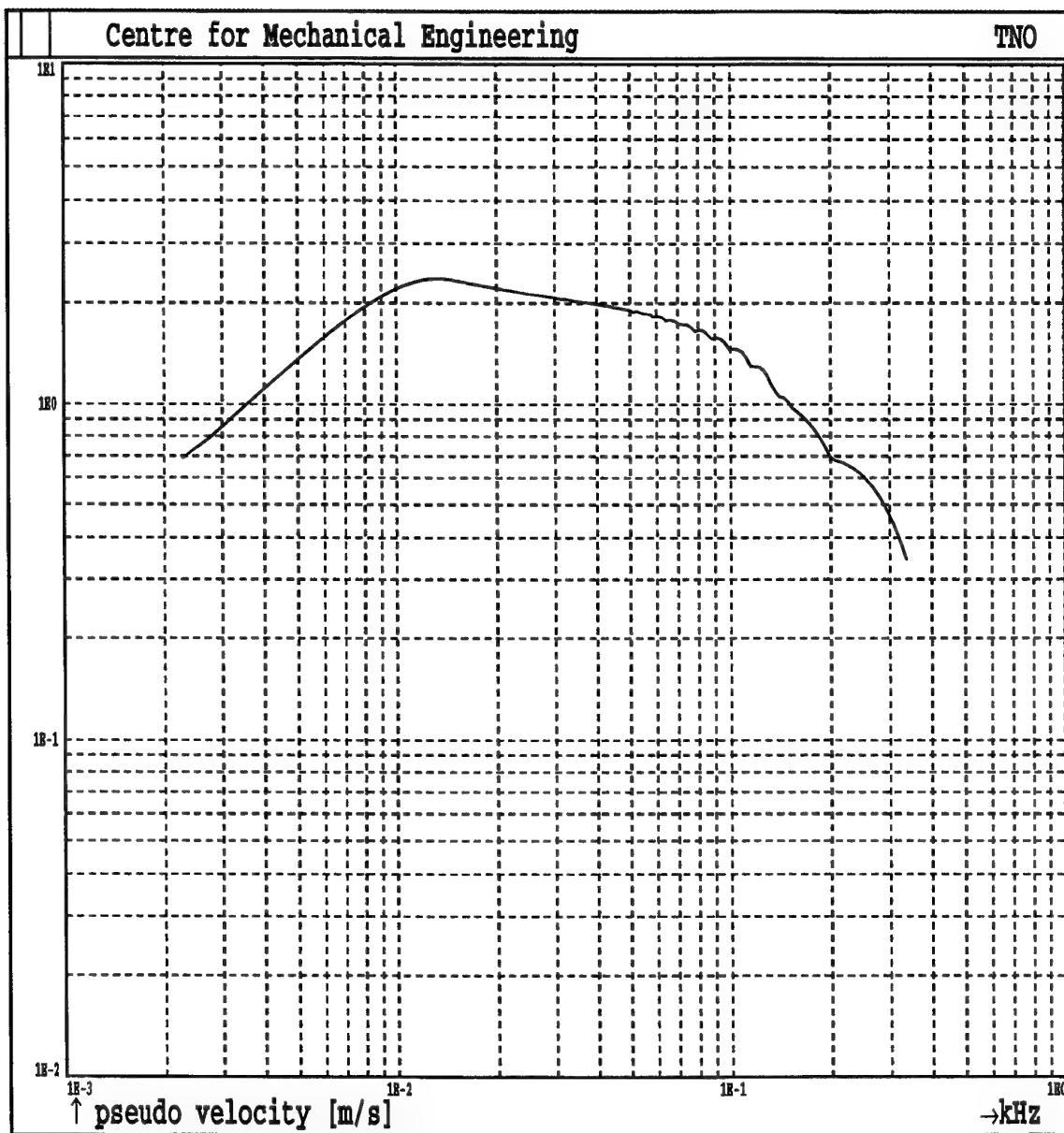
Snelheid (m/s).



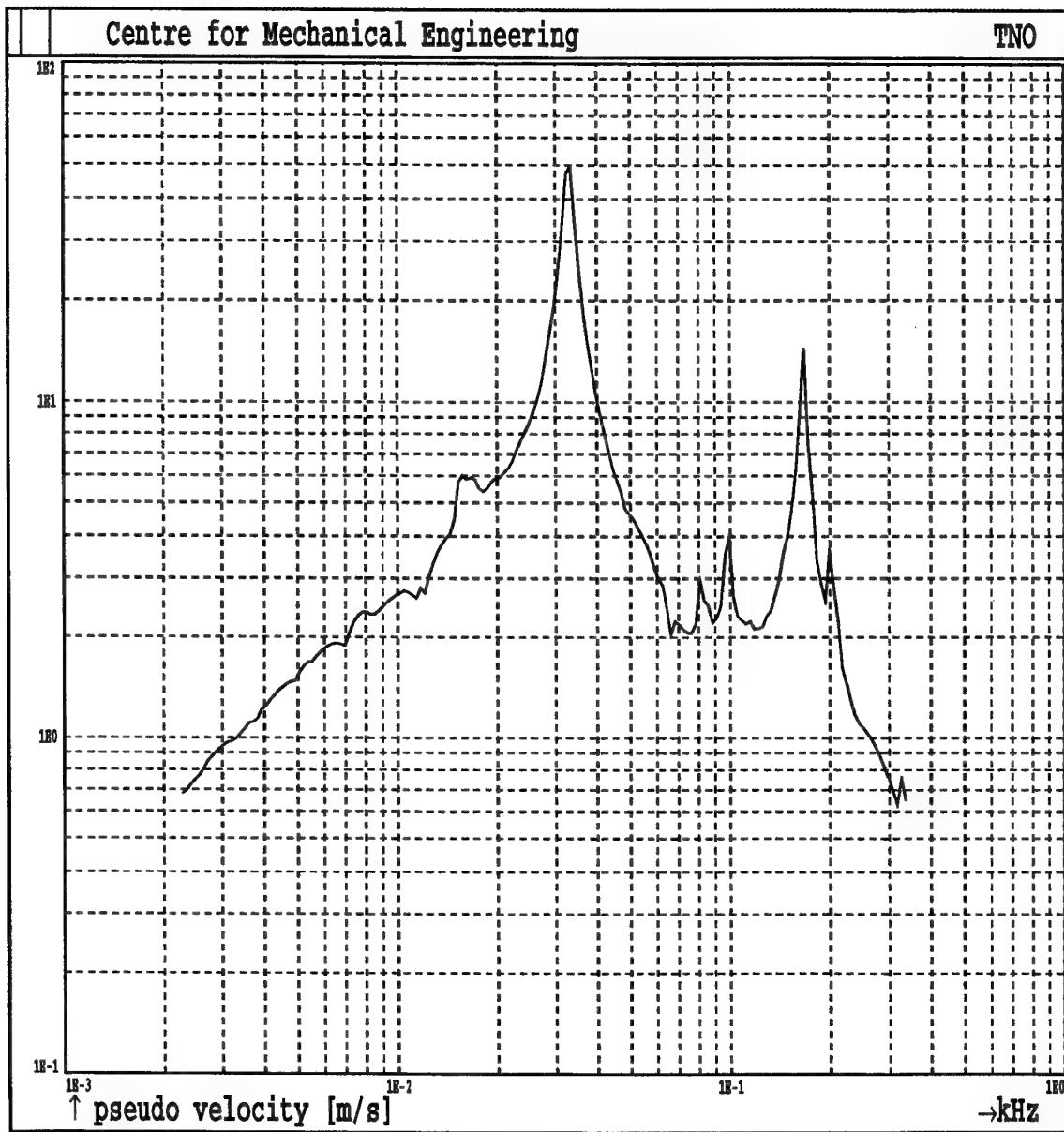
Versnelling +575 m/s<sup>2</sup> en -36 m/s<sup>2</sup>.

Versnelling (m/s<sup>2</sup>).

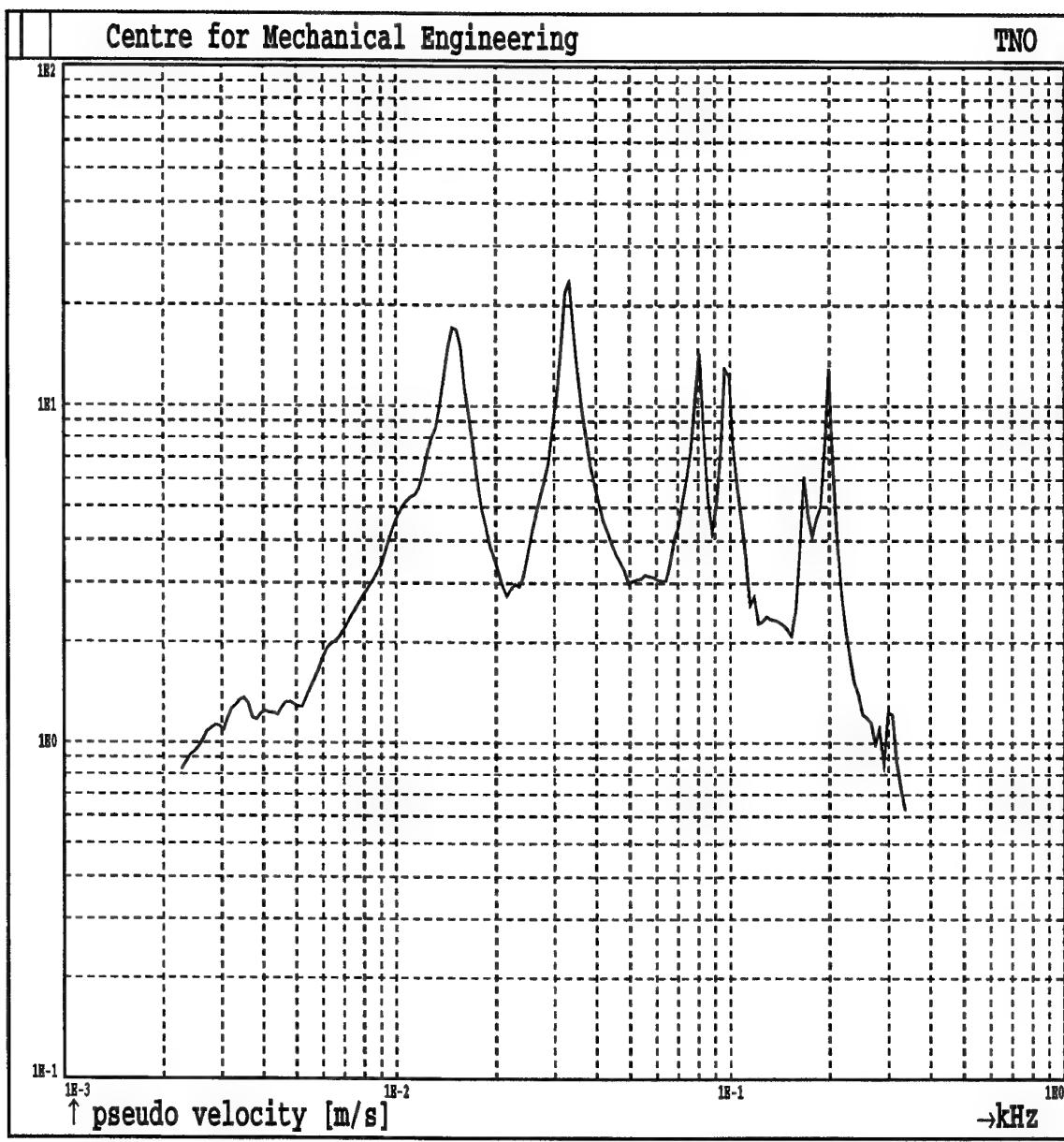




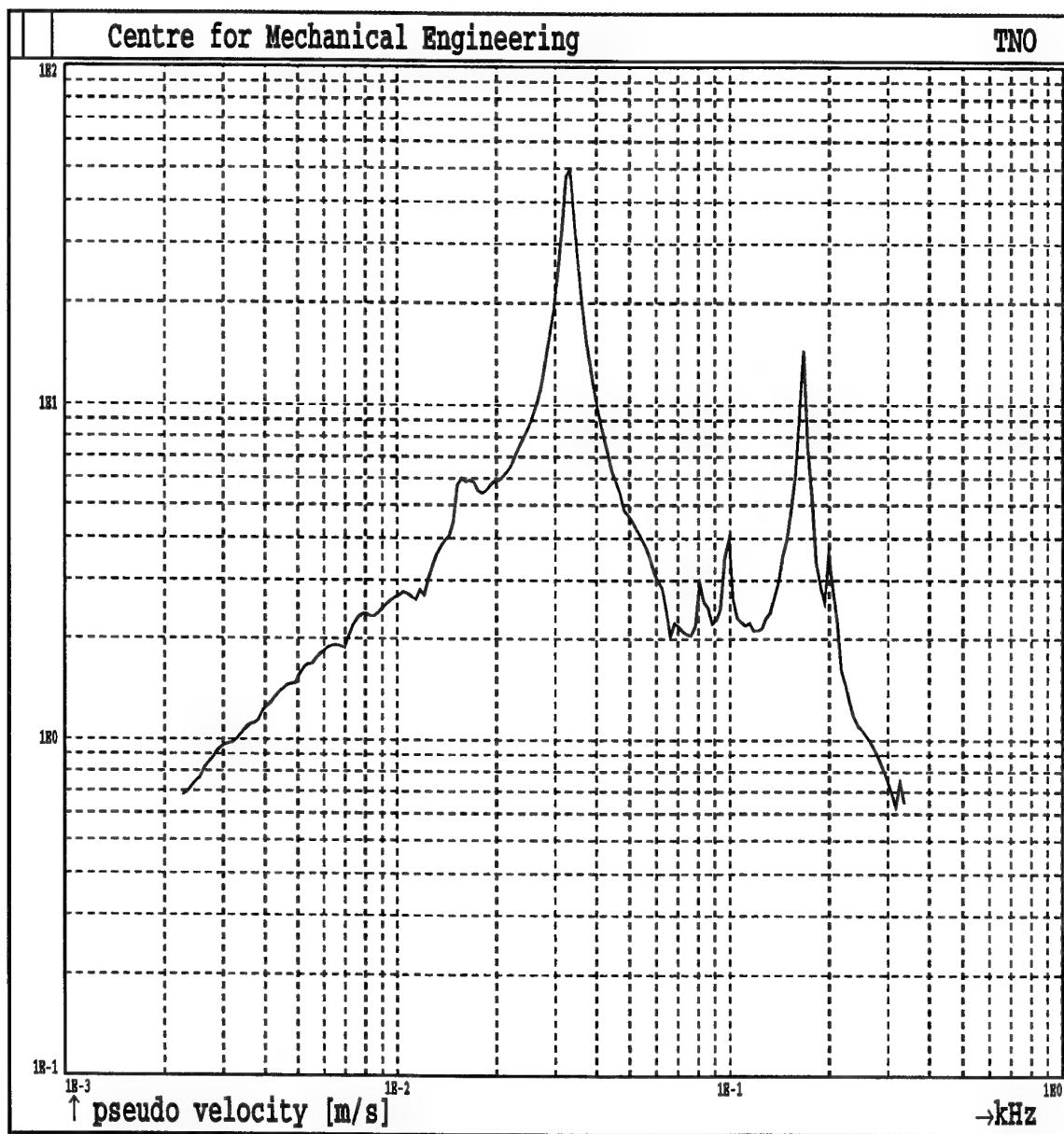
Som 7; Dek; N.p. 1



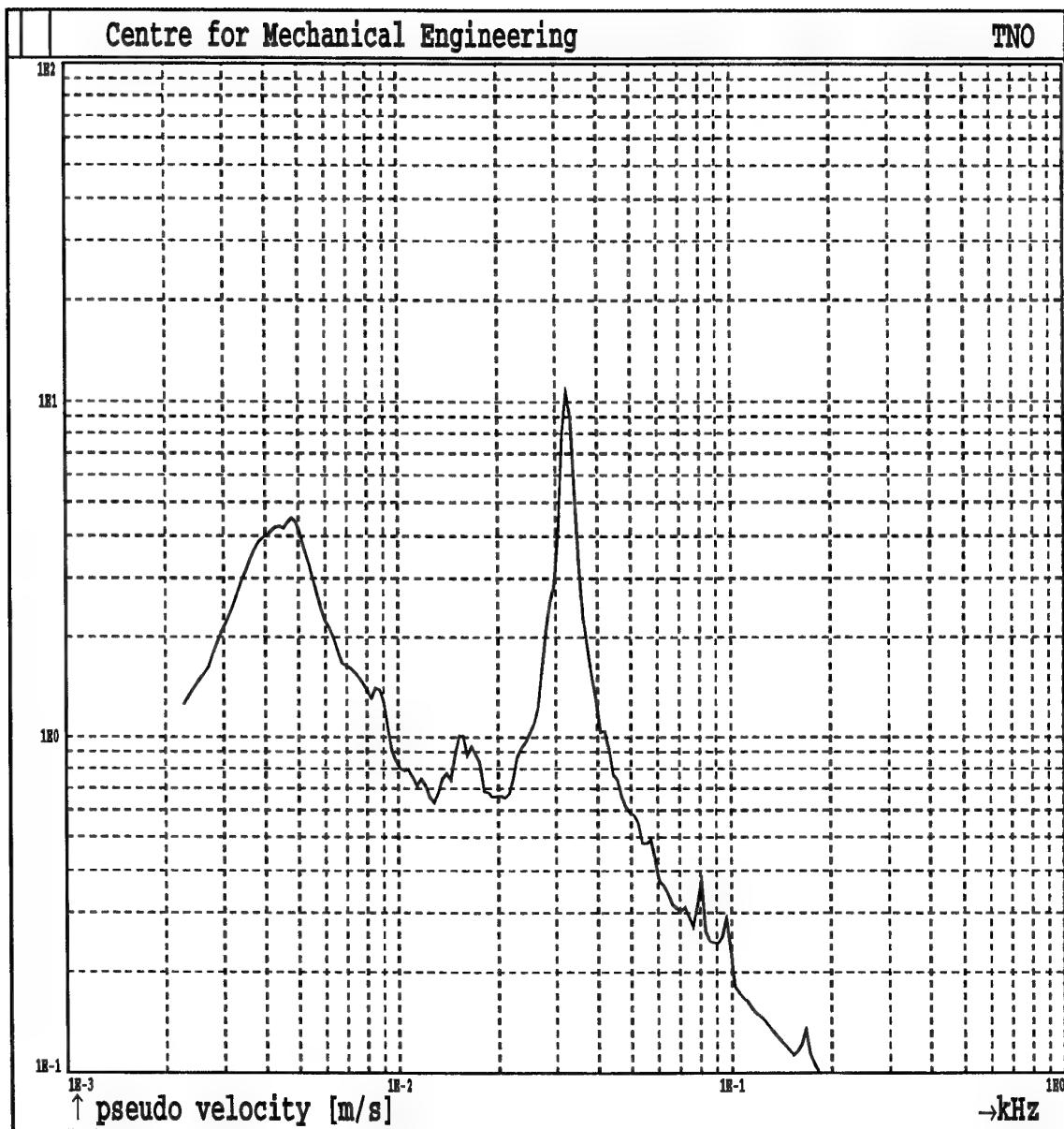
Som 7; Dek; N.p. 6



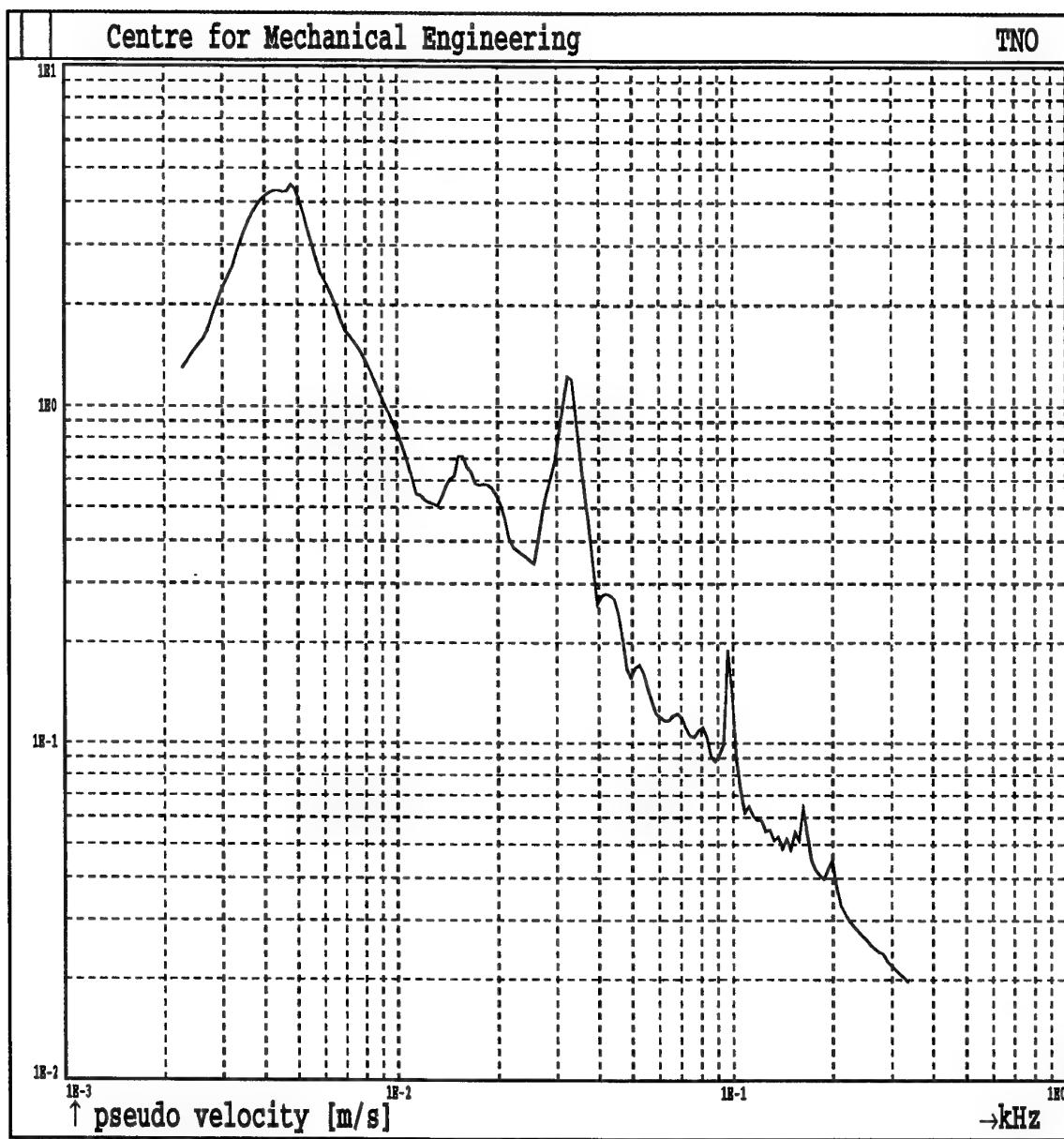
Som 7; Dek; N.p. 26



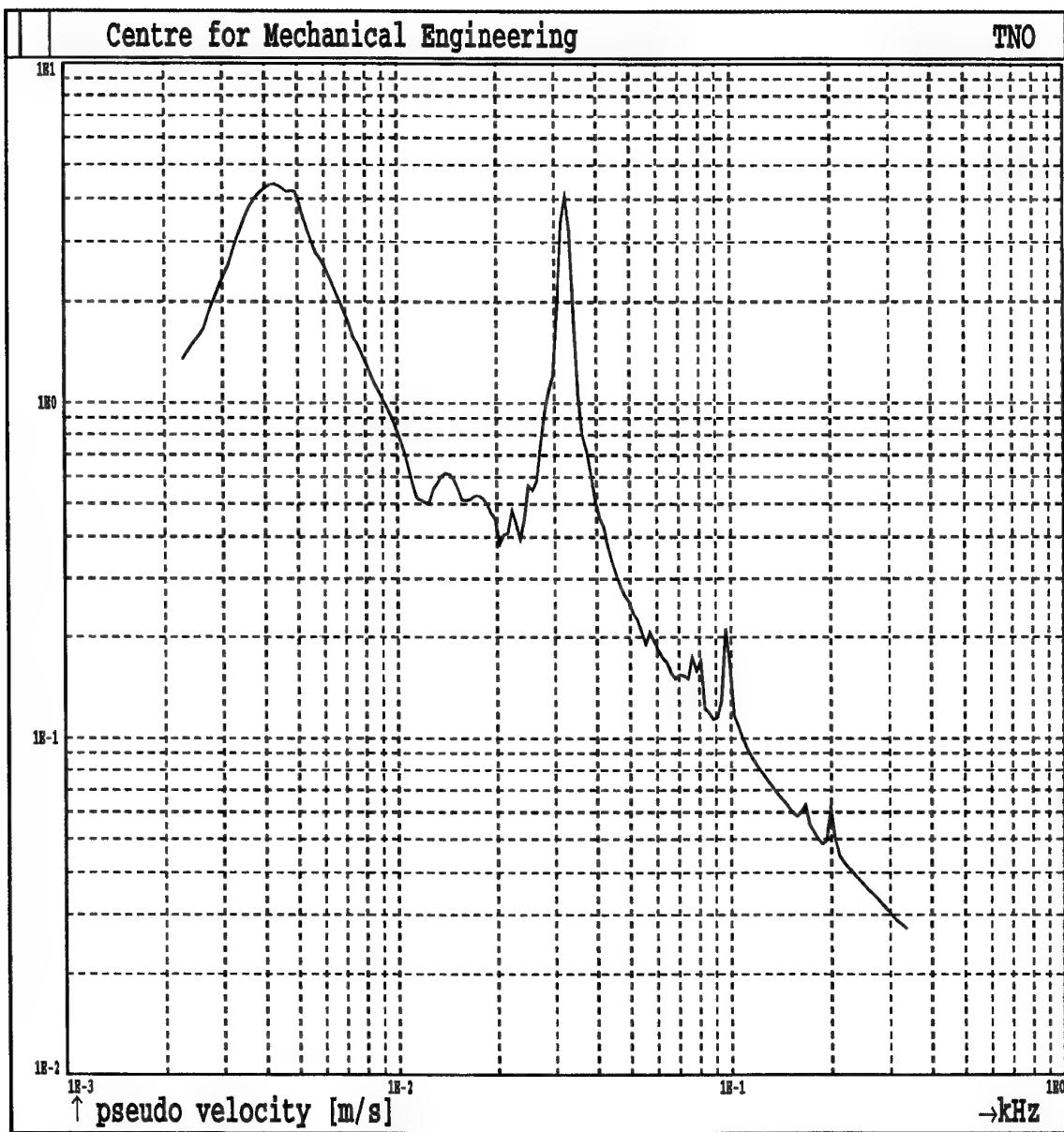
Som 7; Dek; N.p. 46



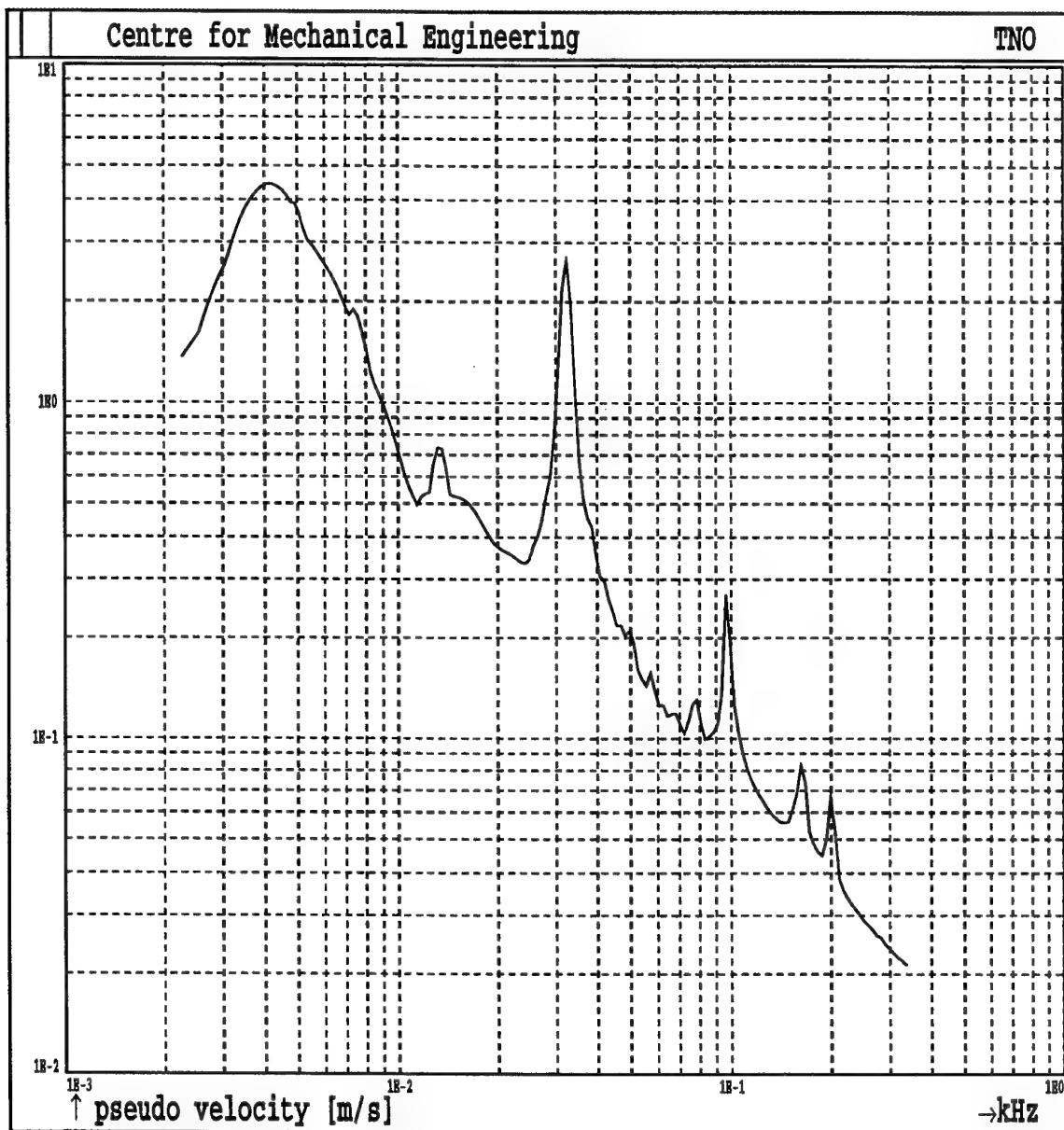
Som 7; Vloer; N.p. 5



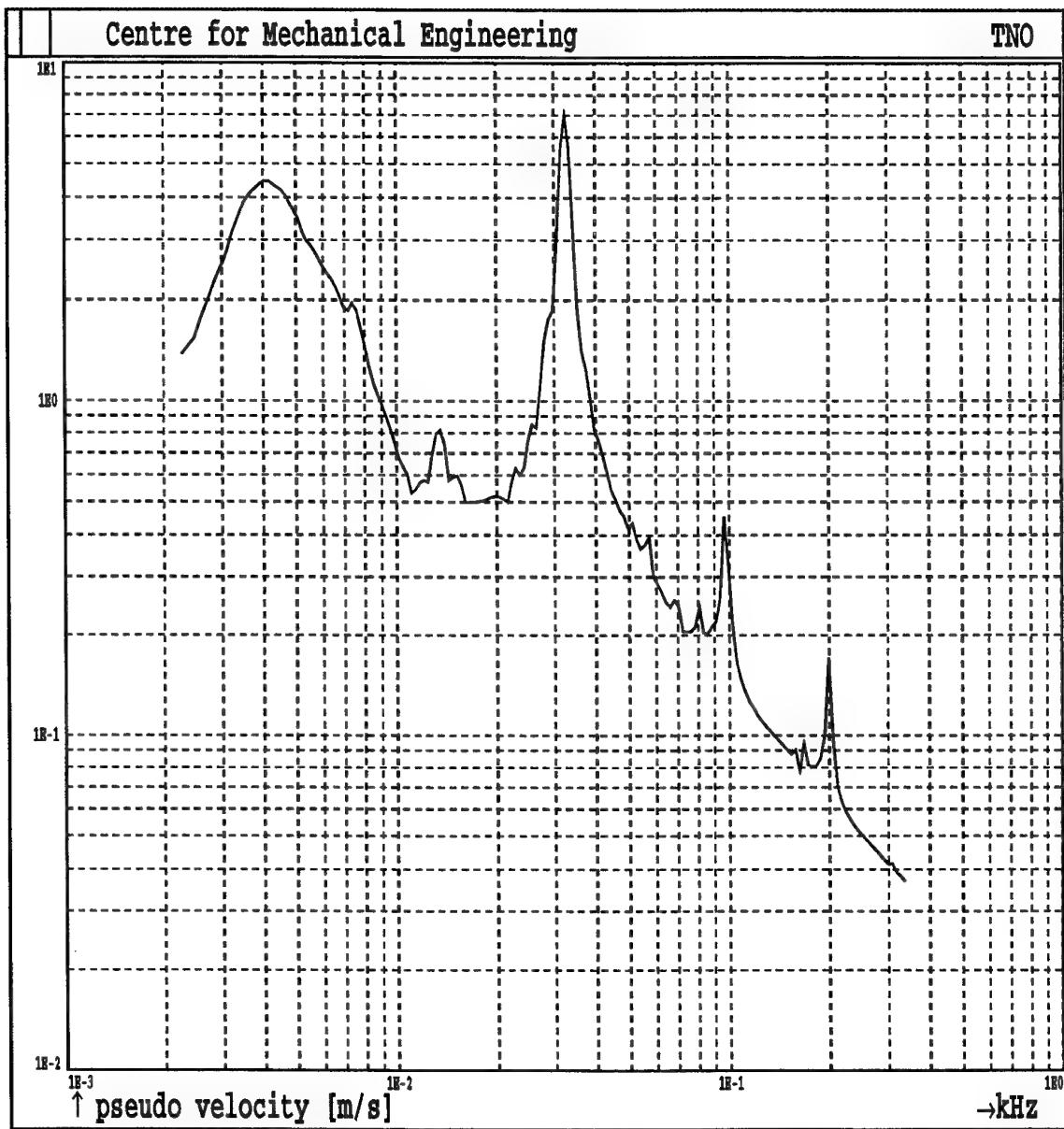
Som 7; Vloer; N.p. 7



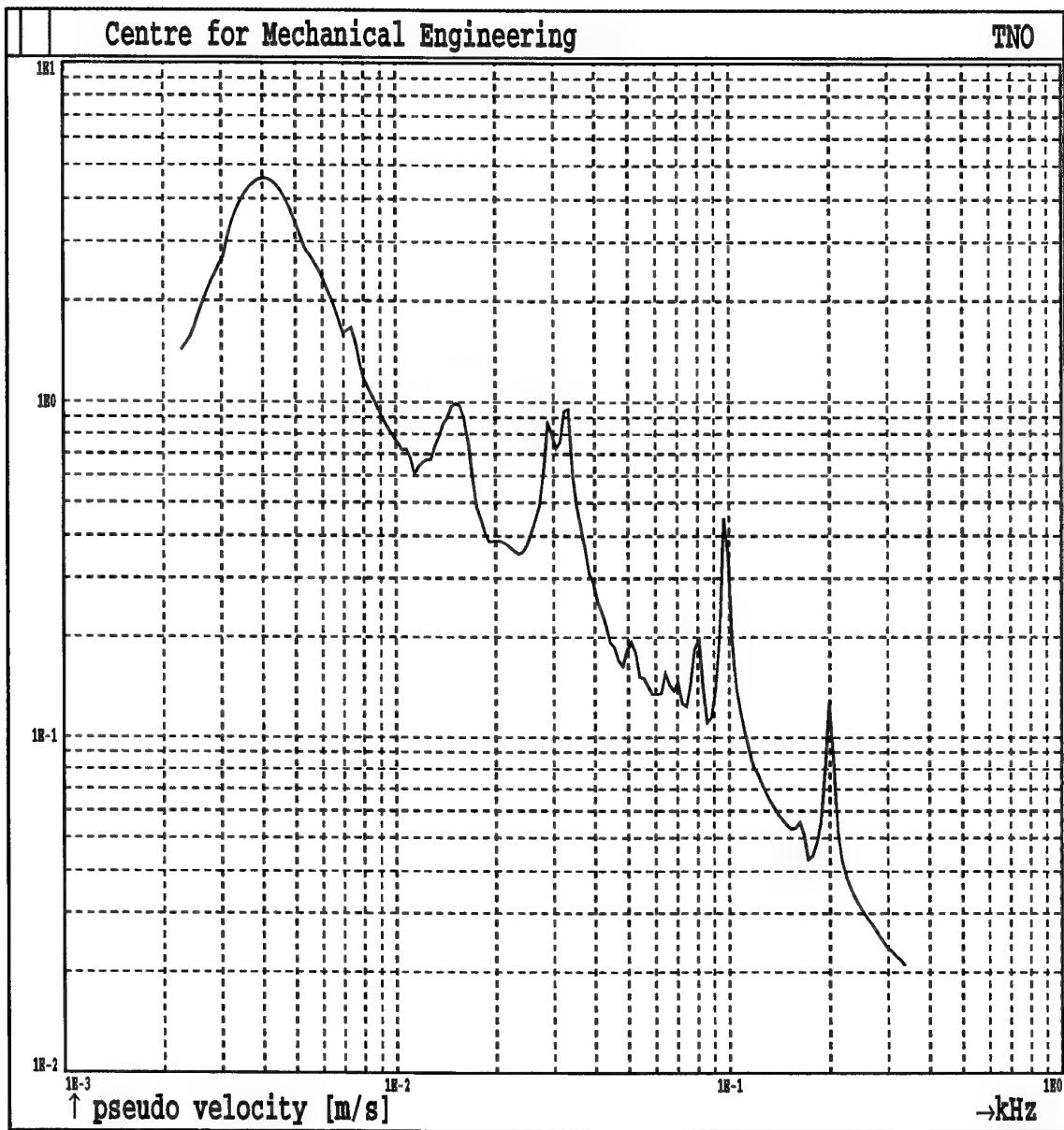
Som 7; Vloer; N.p. 11



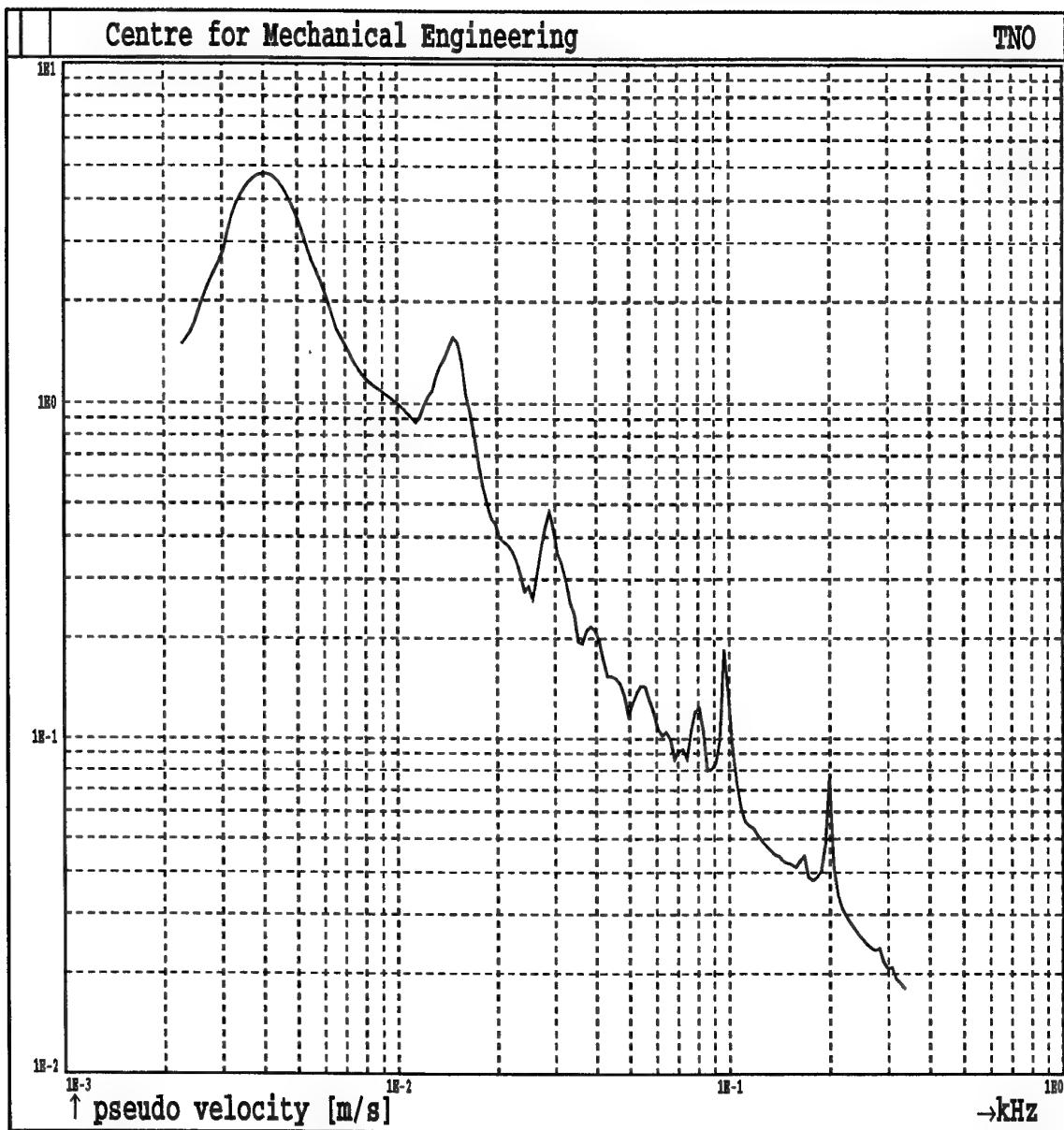
Som 7; Vloer; N.p. 15



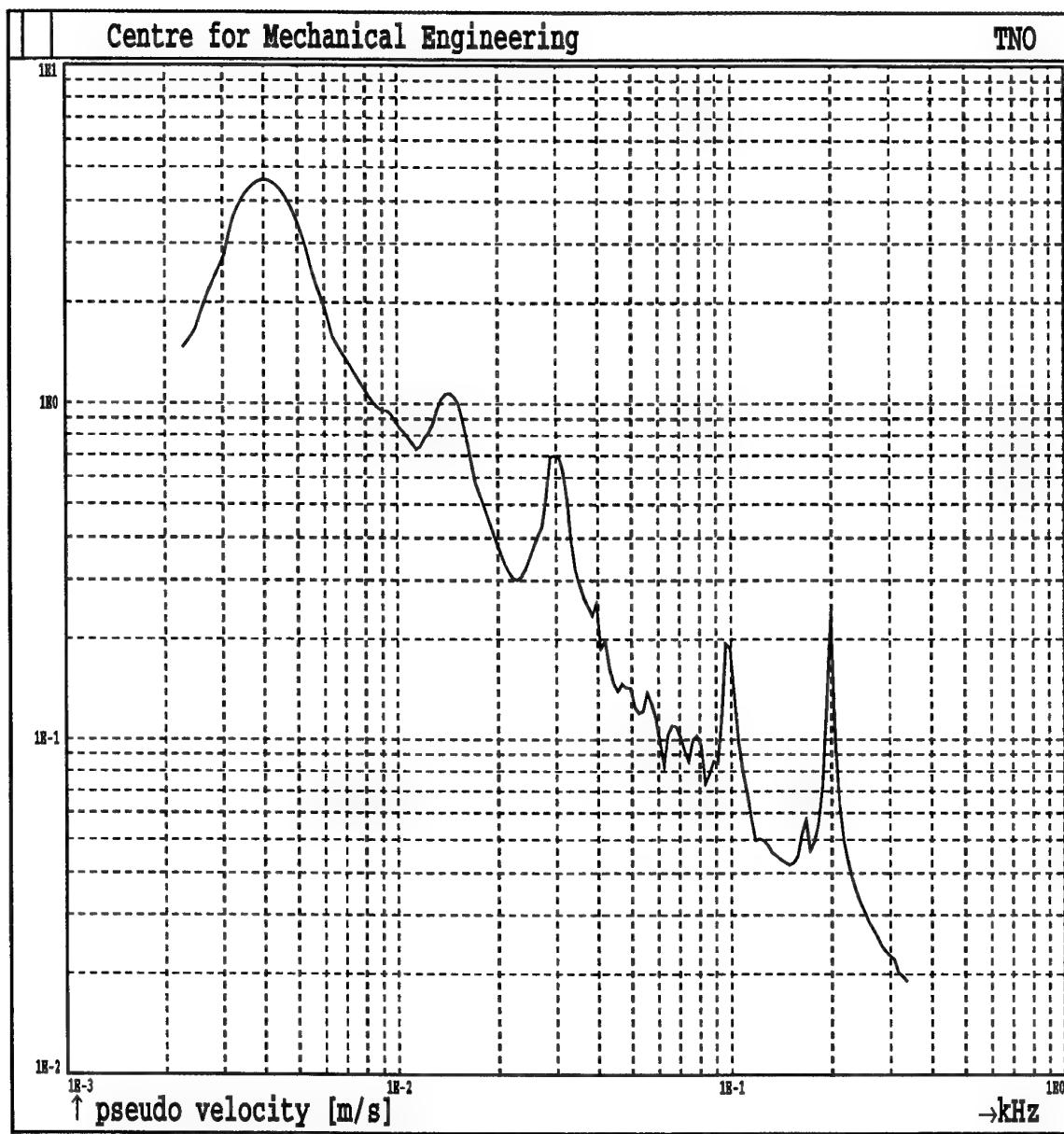
Som 7; Vloer; N.p. 17



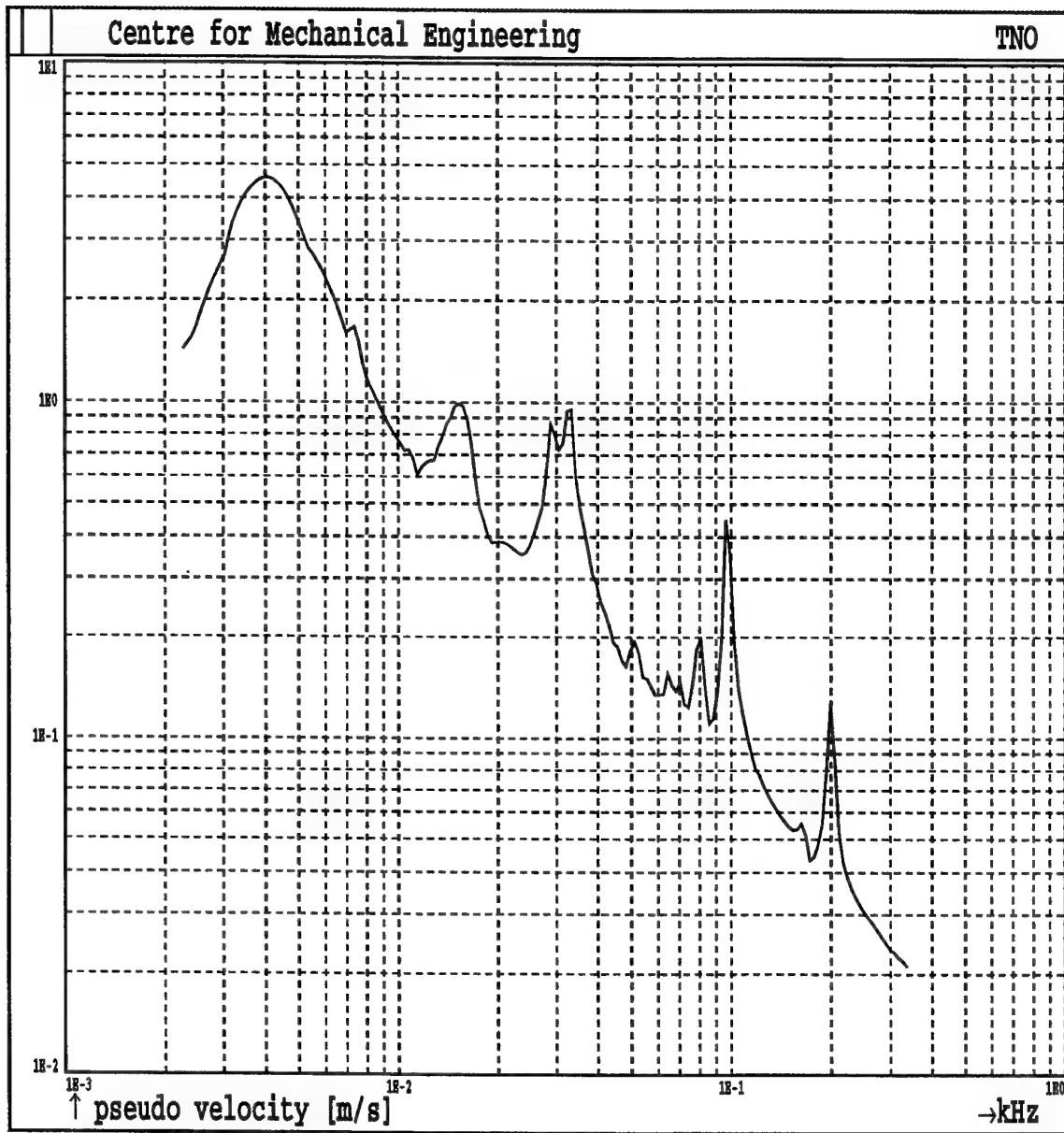
Som 7; Vloer; N.p. 21



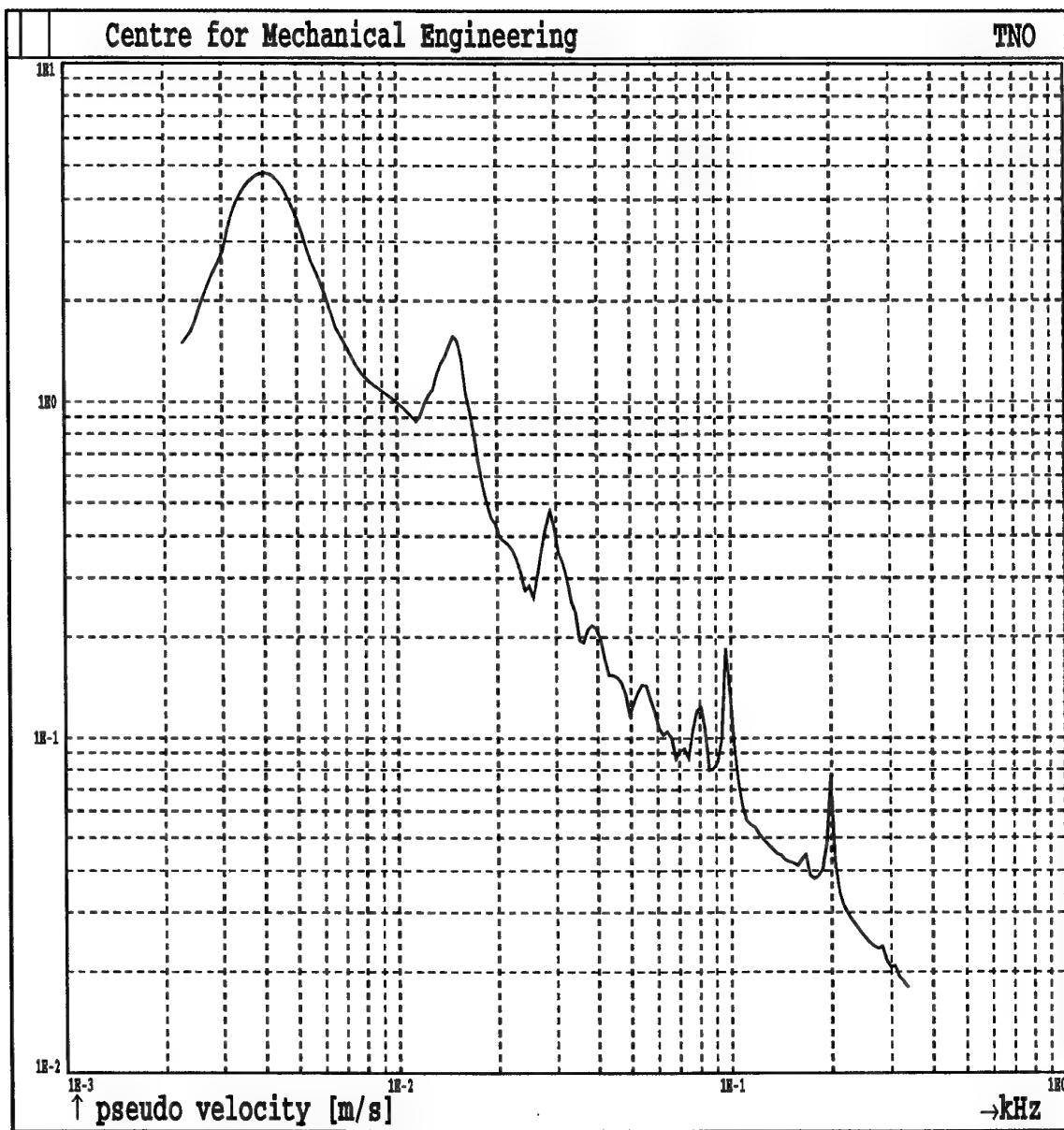
Som 7; Vloer; N.p. 27



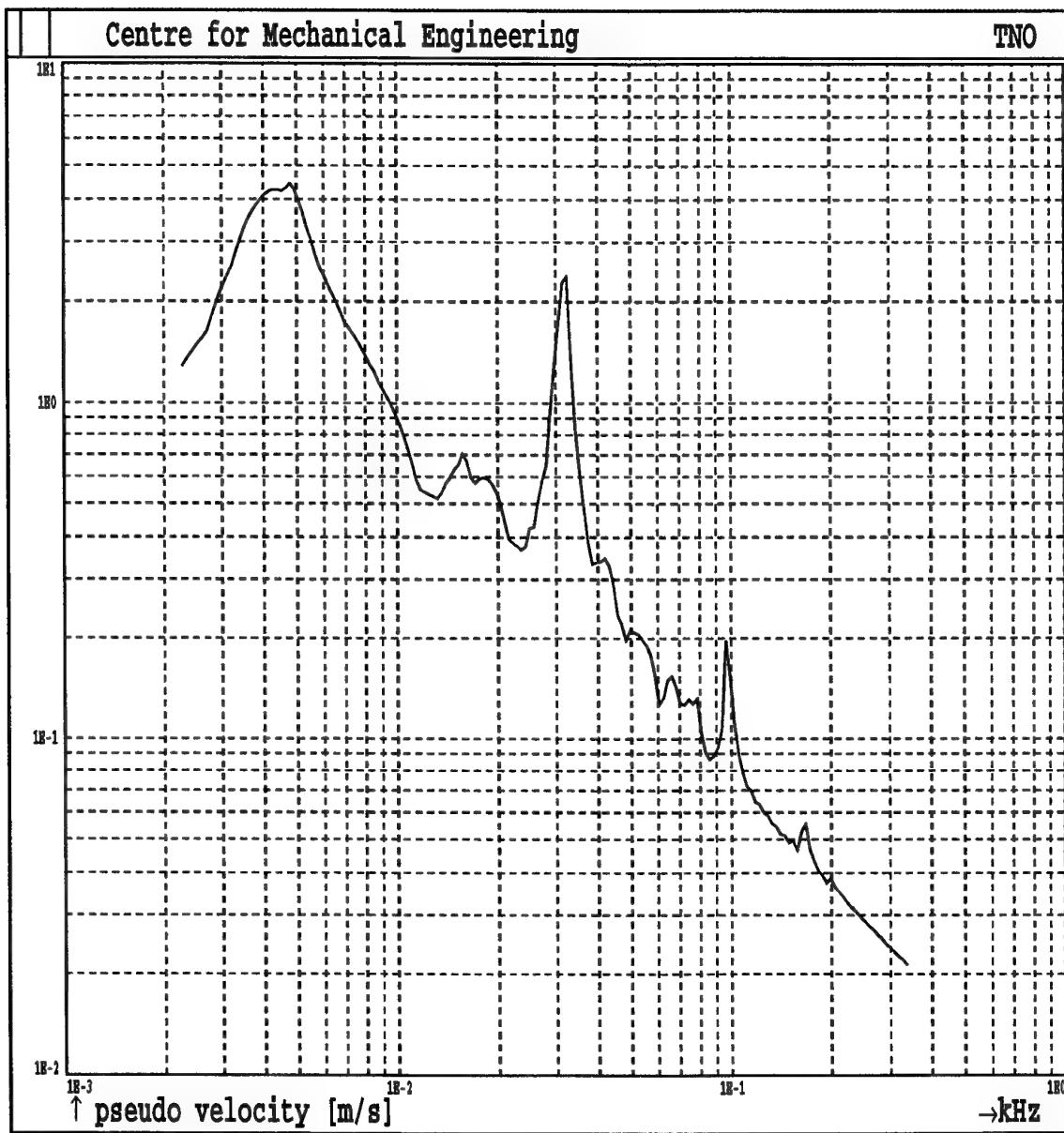
Som 7; Vloer; N.p. 33



Som 7; Vloer; N.p. 39



Som 7; Vloer; N.p. 43



Som 7; Vloer; N.p. 47

## **BIJLAGE B**

### **INVOERDATA VAN SOM 8**

Pag. B1.

Een geschematiseerde geometrie met knooppunten, elementen, veren, steunpunten.  
Assenkruis. Data van de scheepshuid. Positie van de kabinetten.

Pag. B2.

Herhaling van het schema uitgebreid met breedtematen (x-richting).  
Bovenaanzicht van de verenconfiguratie. Veerdata.

Pag. B3.

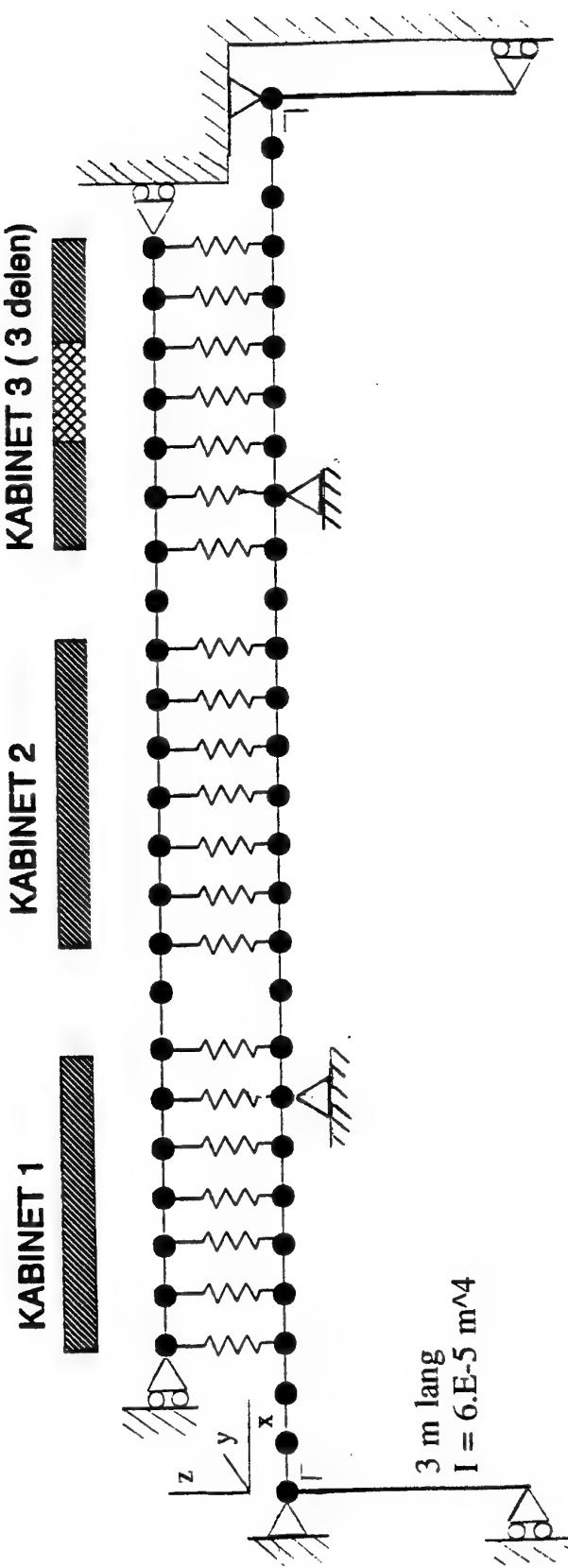
Gedeeltelijk bovenaanzicht uit pag. B2, gecombineerd met langsscheepse  
doorsnede van de vloer en het dek. Afmetingen.

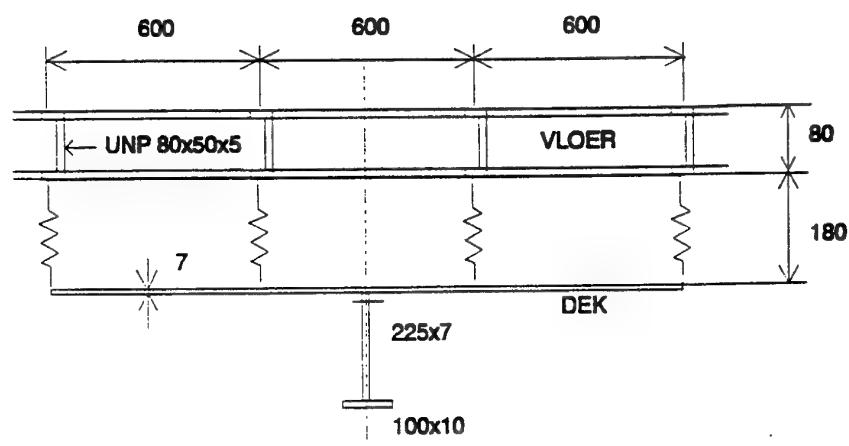
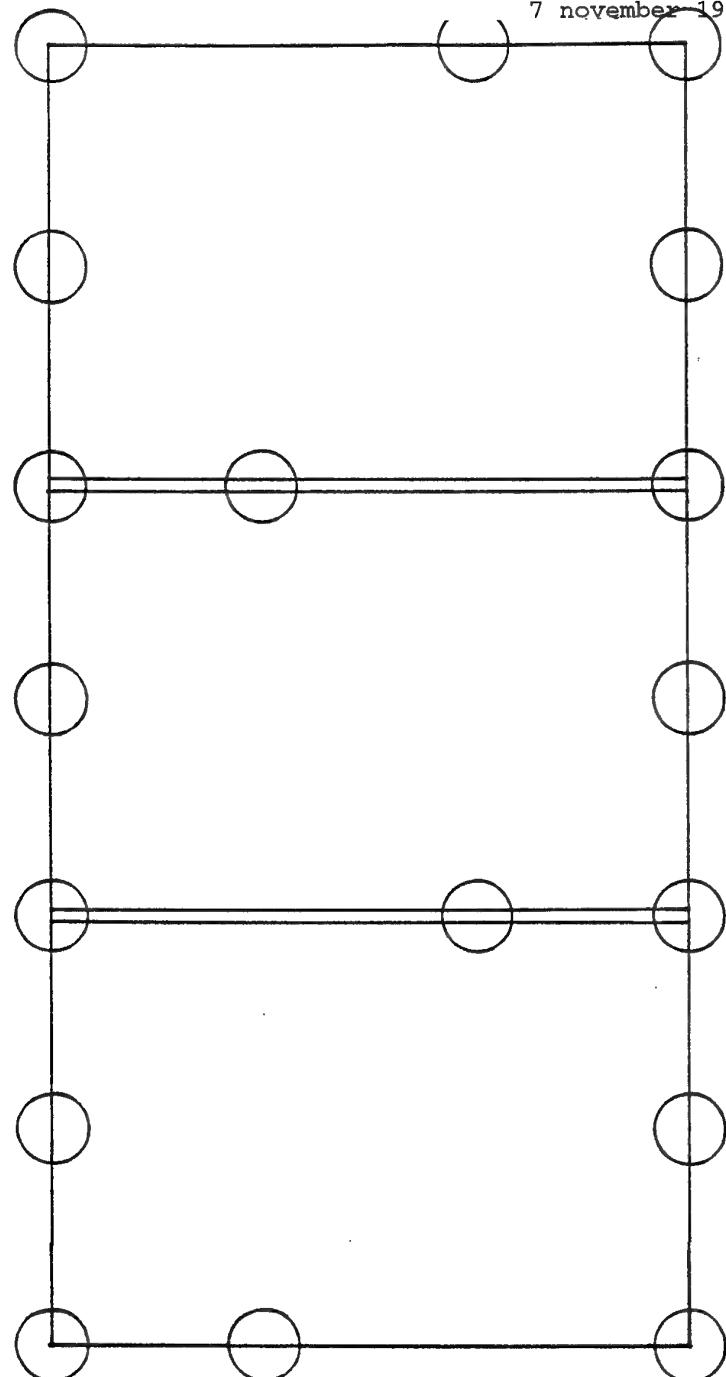
Pag. B4.

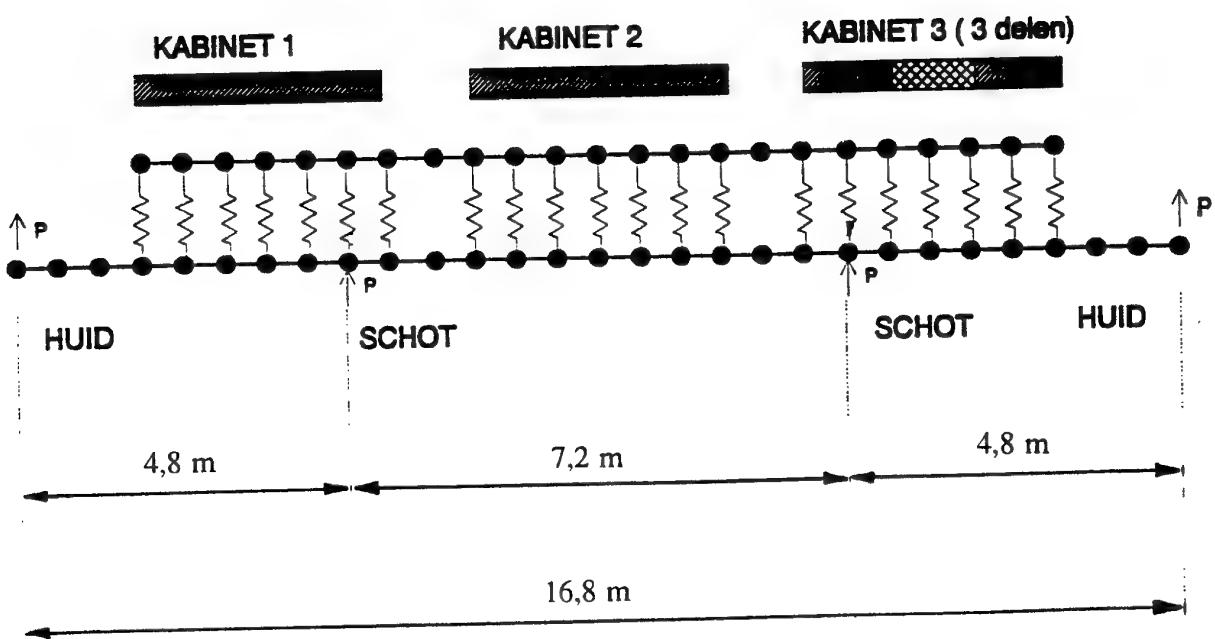
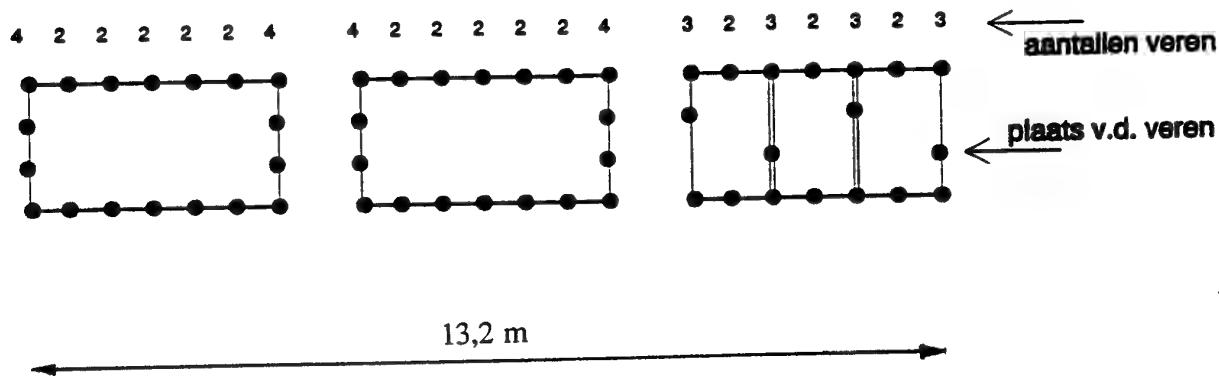
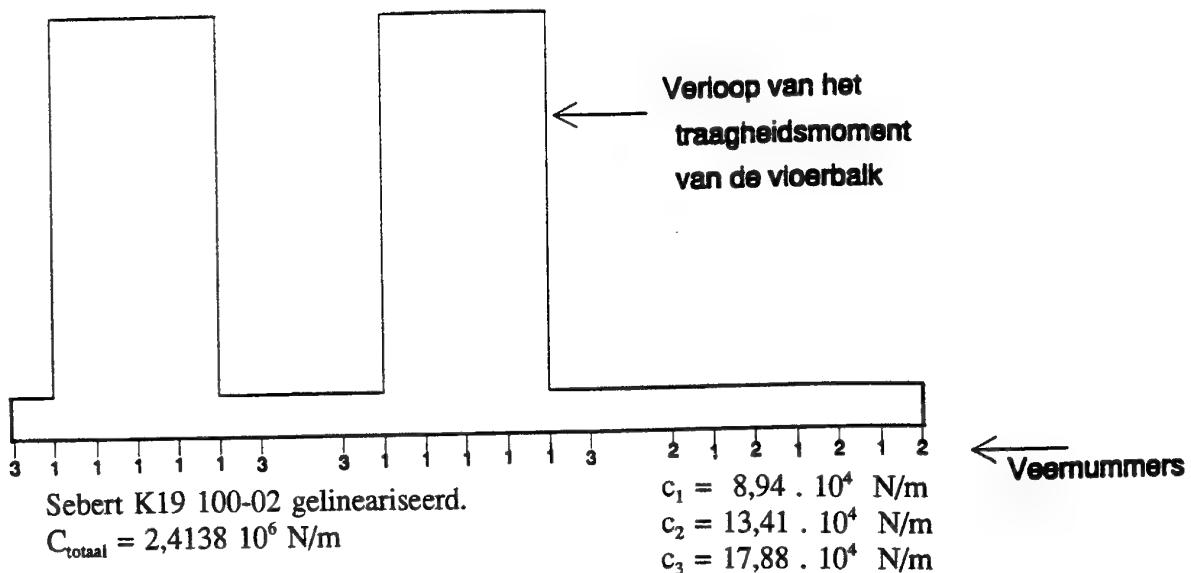
De homogene verdeling van de dek massa in x-richting.  
De discontinue verdeling van de stijfheid van het dekmodel in x-richting.

Pag. B5.

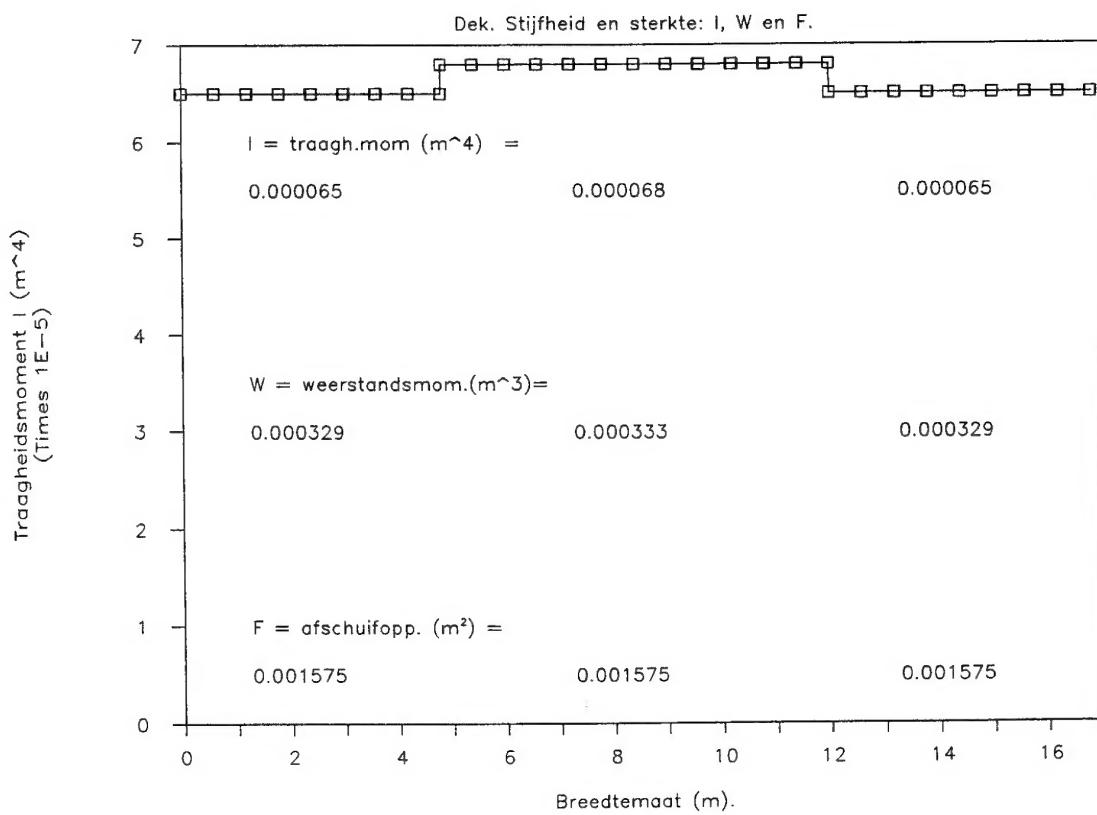
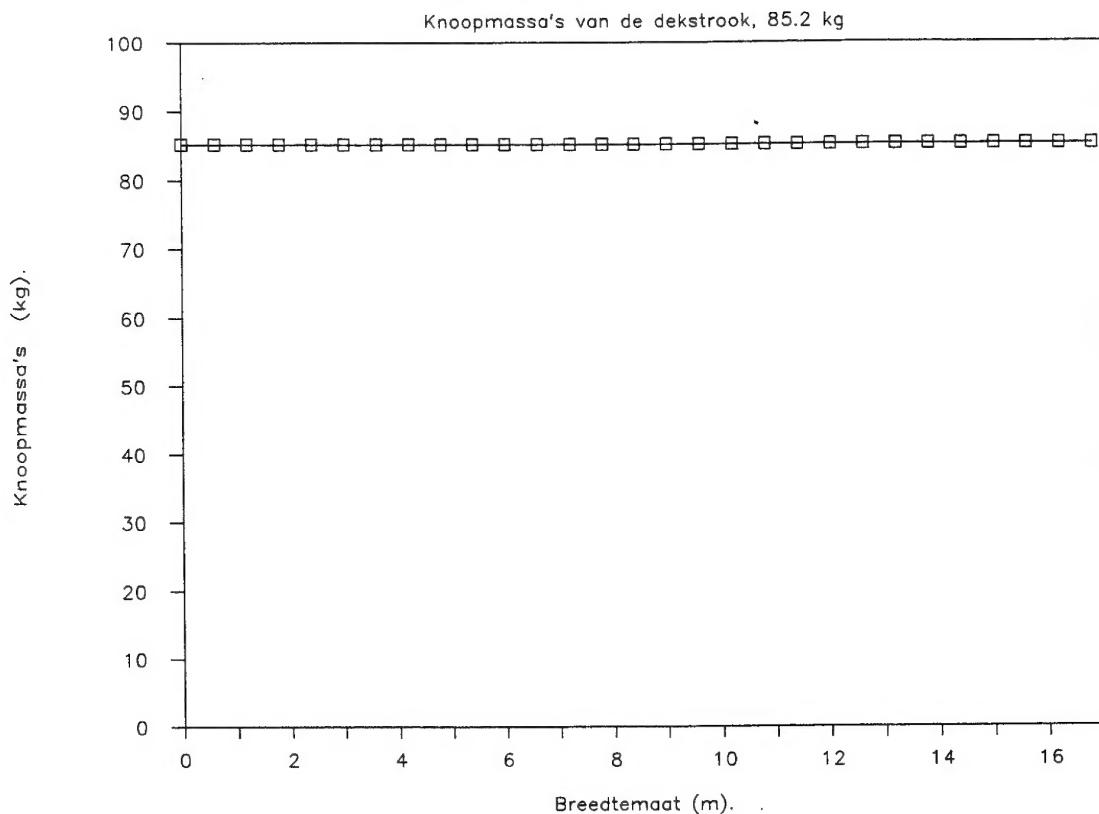
De massaverdeling en de stijfheidsverdeling van de vloer in x-richting,  
plaatselijk beïnvloed door de kabinetten.





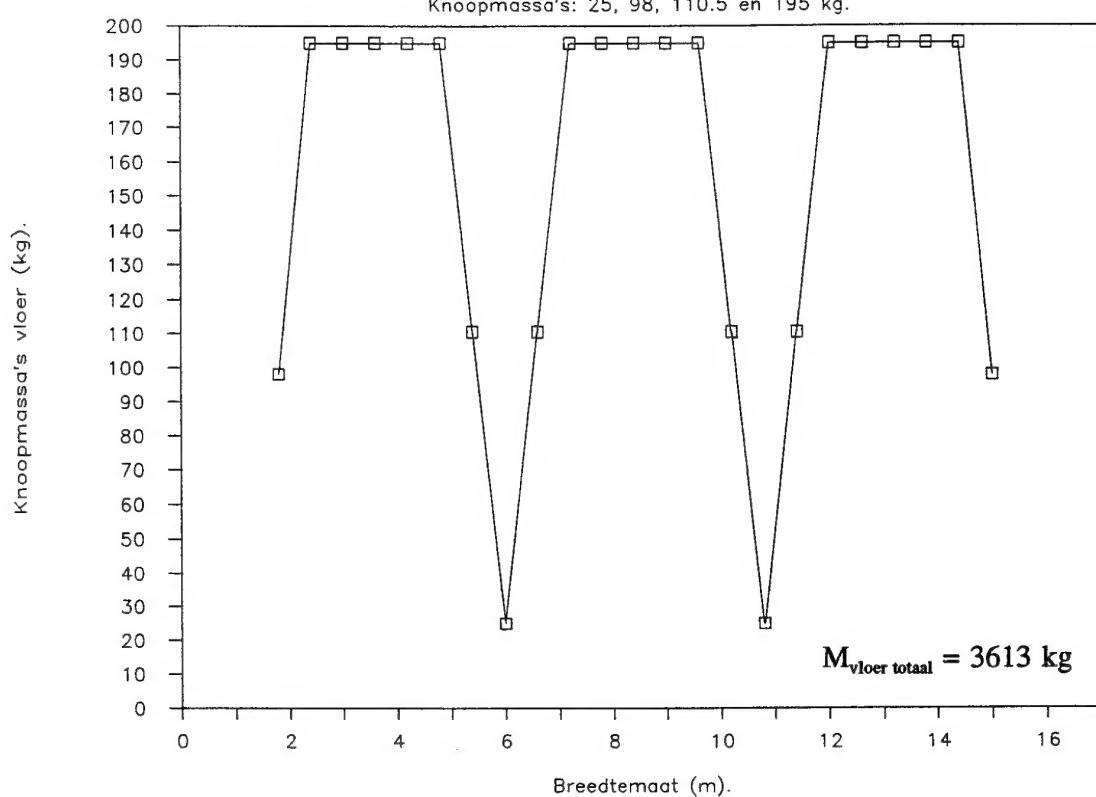


VERDELING VAN GROOTHEDEN OVER HET DEK.

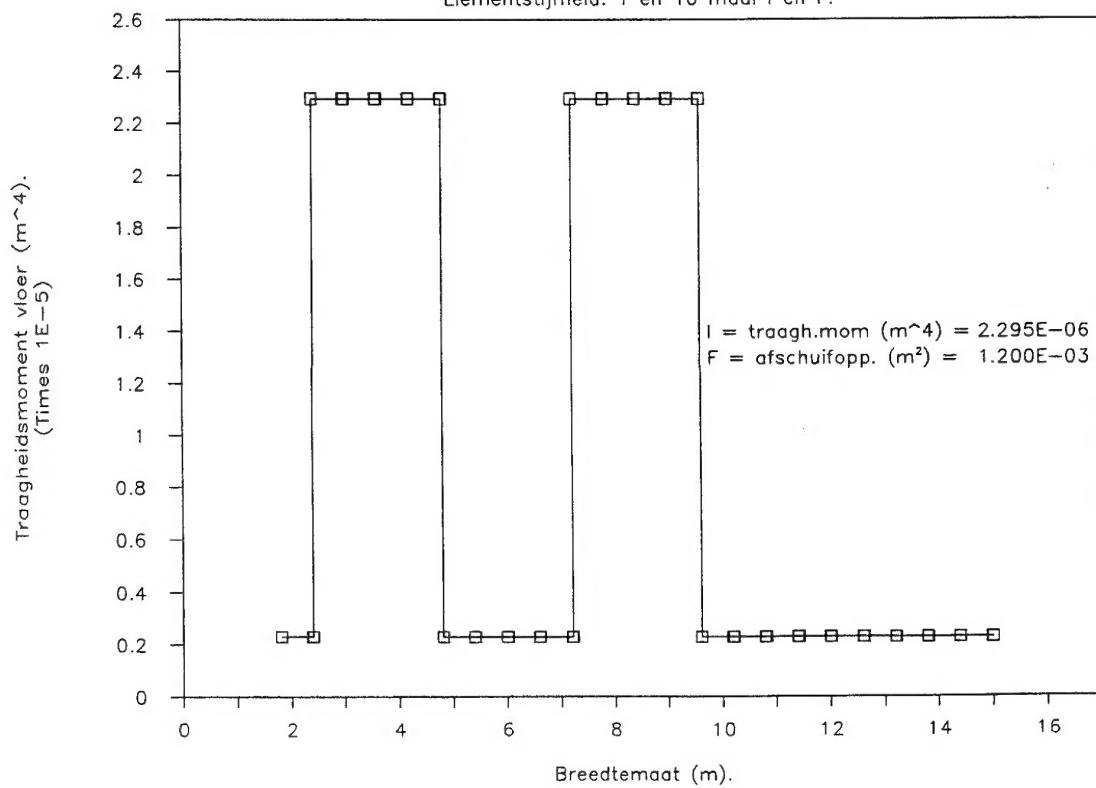


GROOTHEDEN VERDEELED OVER VLOER.

Knooppassa's: 25, 98, 110.5 en 195 kg.



Elementstijfheid: 1 en 10 maal I en F.



**ONGERUBRICEERD**

<b>REPORT DOCUMENTATION PAGE</b>		
1. DEFENCE REPORT NUMBER  MOD-NL  RP 96 - 0114	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER  96-CMC-R1442
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO.  62376438	5. CONTRACT NUMBER  A95/KM/131	6. REPORT DATE  7 November 1996
7. NUMBER OF PAGES  58 (incl. appendices & excl. RDP + Distr. List)	8. NUMBER OF REFERENCES  3	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED  Final Report
10. TITLE AND SUBTITLE  Schokreductie door middel van zwevende vloeren; trilvormen. Reduction of shock by means of resilient floors; vibration modes.		
11. AUTHOR(S) J.M.J. Oostvogels		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)  Centre for Mechanical Engineering Leeghwaterstraat 5 2628 CA DELFT, The Netherlands		
13. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESSES(S)  Sponsor: Netherlands Ministry of Defence, Van der Burchlaan 31, 2597 PC DEN HAAG, The Netherlands  Monitoring agency: TNO Defence Research, Schoemakerstraat 97, 2628 VK DELFT, The Netherlands		
14. SUPPLEMENTARY NOTES  The Centre for Mechanical Engineering is part of TNO Building and Construction Research Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS, 1044 BYTES)  This report comprises the calculations called Sum 8 through 13 of a sequence of 'Sums' reported elsewhere. Various vibration modes are calculated and presented graphically. The modes concern the combination of a resilient floor upon a deck and some hull plating of the LCF.		
16. DESCRIPTORS		IDENTIFIERS
Vibration modes Eigenfrequencies		Shock Resilient floor
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT)  ONGERUBRICEERD	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE)  ONGERUBRICEERD	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT)  ONGERUBRICEERD
18. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT  Unlimited availability, requests shall be referred to sponsor		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES)  ONGERUBRICEERD

**ONGERUBRICEERD**

DISTRIBUTIELIJST RAPPORT 96-CMC-R1442

Instituut: TNO Bouw CMC

Project A95/KM/131

DWOO	1
HWO-Centrale Organisatie	(B)
HWO-KM	1
HWO-KL	(B)
HWO-Klu	(B)
Projectleider DMKM, ir. J.A.A. Vaders	5
Archief Afdeling Scheepsbouw	1
Bureau TNO-DO	1
TNO-Centrum voor Mechanische Constructies	5
Bibliotheek KMA	3

(B) = Beperkt rapport